

nutrición clínica

y

Dietética Hospitalaria



Nutr Clín Diet Hosp. 2025; 45(3)



La revista **Nutrición Clínica y dietética hospitalaria** está indexada en las siguientes Bases de datos:

- Emerging Sources Citation Index (ESCI)
 - Citefactor
 - REDIB
 - Google Scholar
 - CAB Abstracts
 - Chemical Abstracts Services CAS
 - Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud IBECS
 - Índice Médico Español IME
 - Índice MEDES
 - DOAJ
 - CABI databases
 - LATINDEX
 - SCOPUS
-

Edición en internet: ISSN: 1989-208X

Depósito Legal: M-25.025 - 1981

Publicación autorizada por el Ministerio de Sanidad como Soporte Válido. S.V. nº 276

MAQUETACIÓN: Almira Brea, S.L. - Madrid

© Copyright 2012. Fundación Alimentación Saludable

Reservados todos los derechos de edición. Se permite la reproducción total o parcial de los trabajos contenidos en este número siempre que se cite la procedencia y se incluya la correcta referencia bibliográfica.

LORTAD: usted tiene derecho a acceder a la información que le concierne y rectificarla o solicitar su retirada de nuestros ficheros informáticos.

EDICIÓN

Fundación Alimentación Saludable. Madrid

REMISIÓN DE ORIGINALES

Utilizando el área de envío de originales de la web
Revisión por pares de los originales remitidos
(normas disponibles en la web de la revista)

DIRECCIÓN POSTAL

Prof. Jesús Román Martínez Álvarez
Facultad de Medicina, 3ª plta.
Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación
Dpto. de Enfermería
Ciudad universitaria - 28040 Madrid

ESPECIALIDAD

Alimentación, Nutrición y Dietética. Áreas declaradas de interés:

- NUTRICIÓN BÁSICA
- NUTRICIÓN CLÍNICA
- SALUD PÚBLICA
- DIETÉTICA
- NUEVOS ALIMENTOS
- ALIMENTOS E INGREDIENTES FUNCIONALES
- PATOLOGÍA NUTRICIONAL
- OBESIDAD
- TRASTORNOS DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA
- MALNUTRICIÓN
- EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL
- NUTRICIÓN ENTERAL
- NUTRICIÓN PARENTERAL
- SEGURIDAD E HIGIENE ALIMENTARIA
- NUTRIENTES
- NOTICIAS

PERIODICIDAD

4 números al año

TÍTULO ABREVIADO

Nutr Clín Diet Hosp.

INTERNET

Accesible desde URL = <http://www.nutricion.org>
Acceso en línea libre y gratuito

DIRECCIÓN

Prof. Dr. Jesús Román Martínez Álvarez
Universidad Complutense de Madrid

REDACTOR - JEFE

Prof. Dr. Antonio Villarino Marín

COMITÉ DE REDACCIÓN

Prof. Dr. Andreu Palou Oliver
Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular
Universidad de las Islas Baleares

Prof. Dr. Jordi Salas i Salvadó
Catedrático de Bioquímica
Universidad Rovira i Virgili. Reus. España

Prof. Dr. Rafael Moreno Rojas
Catedrático de Nutrición y Bromatología
Universidad de Córdoba

Dra. Marta Hernández Cabria
Área de Nutrición y Salud
Corporación Alimentaria Peñasanta. Oviedo

Dr. Francisco Pérez Jiménez
Profesor de Medicina Interna
Hospital U. Reina Sofía. Córdoba

Prof. Dra. Rosario Martín de Santos
Catedrática de Nutrición y Bromatología
Universidad Complutense de Madrid

Prof. Dra. Rosa Ortega Anta
Catedrática de Nutrición y Bromatología
Universidad Complutense de Madrid

Dra. Victoria Valls Bellés
Facultad de Medicina
Universidad Jaime I. Castellón

SECRETARÍA DE REDACCIÓN

Andrea Calderón García

DIRECTORES HONORÍFICOS

Dr. José María Ordovás Muñoz
Dra. Ana Sastre Gallego

Dra. Pilar Codoñer Franch
Facultad de Medicina
Universidad de Valencia

D^a. M^a Lourdes de Torres Aured
Unidad de Nutrición
Hospital Miguel Servet. Zaragoza

Prof. Dra. Isabel Polanco Allué
Servicio de Gastroenterología y Nutrición
Hospital Universitario Infantil La Paz. Madrid

Dra. Monique Romon
Sociedad Francesa de Nutrición

Dra. Paula Domínguez Salas
University of London. Royal College

Prof. Rosa Elsa Hernández Meza
Universidad de Veracruz. México

D^a Rosa M Uscátegui
Directora de la revista Perspectivas en Nutrición Humana
Universidad de Antioquia. Colombia

Dra. Mercedes Sotos Prieto
Universidad Autónoma de Madrid
Visiting Scientist, Department of Nutrition and Environmental
Health, Harvard T.H. Chan School of Public Health

SUMARIO

- **Consumo alimentar segundo o grau de processamento em candidatos a cirurgias: uma comparação entre pacientes oncológicos e não oncológicos**
Food consumption according to degree of processing in surgery candidates: a comparison between oncological and non-oncological patients
Raíza Zacarias COSTA, Julee Stephani Gomes ALVES, Mariana Gomes de LIMA, Maria Izabel Siqueira de ANDRADE, Janatar Stella Vasconcelos de MELO **10**
- **Patrones dietarios y su asociación con diferentes estadios de la enfermedad renal crónica en pacientes adultos sin tratamiento sustitutivo**
Dietary patterns and their association with stages 3, 4 and 5 of renal function in adult patients without substitutive treatment
Ricardo CASTREJÓN SALGADO, Mónica LÓPEZ SOLÍS, Joel TREJO HERNÁNDEZ, Diana María ROJAS MALDONADO, Miguel TRUJILLO MARTÍNEZ, Rosalba MORALES JAIMES, Enrique JIMÉNEZ FERRER, Laura AVILA JIMÉNEZ **20**
- **Evaluación de una intervención nutricional para mejorar la calidad de vida de pacientes con cáncer de mama en un hospital de Tegucigalpa (Honduras)**
Evaluation of a nutritional intervention to improve the quality of life in breast cancer patients attending a hospital in Tegucigalpa (Honduras)
Marcio Omar MADRID ALVARADO, Olga Lucía PINZÓN-ESPITIA **30**
- **Household food security, galactagogue food consumption, and perceived breast milk sufficiency among breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi regency, Central Sulawesi: a mixed-methods study**
Hepti MULIYATI, Katrin ROOSITA, Sri Anna MARLIYATI, I Wayan Gede ARTAWAN EKA PUTRA, Rachmalina SOERACHMAN **37**
- **Valoración nutricional de platos tradicionales a partir de paiche (*Arapaimas gigas*), utilizando métodos de conservación ancestrales de la región amazónica ecuatoriana**
Nutritional evaluation of traditional foods from paiche (*Arapaimas gigas*), using ancestral conservation methods from the Ecuadorian Amazon region
Juan Alejandro NEIRA MOSQUERA, Angel Marcelo TITUAÑA MAIQUIZA, Sungey Naynee SÁNCHEZ LLAGUNO, Jhonnatan Placido ALDAS MOREJON, Karol Yannela REVILLA ESCOBAR **48**
- **Efecto protector de la ingesta de cáscara del *Citrus aurantifolia* (limón) frente al daño hepático inducido por etanol en ratones**
Protective effect of ingesting *Citrus aurantifolia* (lemon) peel against hepatic damage induced by ethanol in mice
César Adolfo FLORES VALLE, Grace PALACIOS LEIVA, José Benjamín CABALLERO CALAMPA, Óscar Gabriel PAJUELO RÍOS, José Manuel HUAMÁN GUTIÉRREZ, Óscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ **61**
- **Predictors of household food insecurity among pregnant women: a cross sectional study using Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS)**
Rina OKTASARI, Hadi RIYADI, Ali KHOMSAN, Katrin ROOSITA, Yulin LESTARI **68**
- **The effectiveness of salt, citrus and calcium propionate on microbiological and organoleptic qualities of smoked eel stored at room temperatures**
Feny MENTANG, Roike Iwan MONTOLALU, Henny Adeleida DIEN, Nurmeilita taher, Joyce C. V. PALENEWEN, Siegfried BERHIMPON, Ayub U. I. MEKO **74**
- **Suplementação de vitamina D, diagnóstico precoce e amamentação exclusiva contribuem na adequação dos indicadores antropométricos em pacientes com fibrose cística**
Vitamin D supplementation, early diagnosis and exclusive breastfeeding contribute to the adequacy of anthropometric indicators in patients with cystic fibrosis
Aryanne da Silva NASCIMENTO, Larissa de Oliveira SOARES, José Tallys Santos SILVA, Anelice Peixoto TEIXEIRA, Myrtis Katille de Assunção BEZERRA, Maria Izabel Siqueira de ANDRADE **83**
- **Enhancing the bioactive profile of lemon-based beverages through varietal honey supplementation: a multi-assay antioxidant evaluation**
Yusma Indah JAYADI, Ahmad SULAEMAN, Eny PALUPI, Mira DEWI, HARDINSYAH **91**

SUMARIO

- **Consumo de frutas y verduras asociado al perfil antropométrico y riesgo cardiovascular en adolescentes de una institución educativa privada**
Consumption of fruits and vegetables associated with anthropometric profile and cardiovascular risk in adolescents from a private educational institution
Willebaldo CHALCO SOLIS, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Miguel Angel CASTRO MATTOS, Florentina Gabriela VIDAL HUAMÁN**97**
- **Heterogeneidad de la desnutrición crónica en menores de cinco años de Ecuador. Un análisis de muestras complejas por región, etnia y altitud**
Heterogeneity of chronic malnutrition in children under five years old in Ecuador. An analysis of complex samples by region, ethnicity, and altitude
Santiago Andrés FREIRE SALAZAR, Shirley Elizabeth IZURIETA ROMERO, Benjamín Andrés ROMÁN SANTOS, Adriana Monserrath MONGE MORENO**107**
- **Evaluación físico química y sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (*Mango manila*) en diferentes grados de madurez**
*Physical, chemical and sensory evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and fruit extract (*Manila mango*) at different stages of ripeness*
Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ, Elio Ariel MONTOYA RAMOS, Leila Isabel CADENAS MORALES, Jhoan Alfredo PLUA MONTIEL, Christian Orlando CAMACHO LÓPEZ, Fernando Javier COBOS MORA, Sanyi Lorena RODRÍGUEZ CEVALLOS, Álvaro Martín PAZMIÑO PÉREZ.....**117**
- **Anti-Angiogenic effects of *Ocimum basilicum* ethanolic extract: In vitro and ex vivo evidence of endothelial inhibition**
Ibrahim AL-DEEB, Qasem ABDALLAH, Amin Malik Shah ABDUL MAJID, Melissa KILUS, Nozlana ABDUL SAMAD**129**
- **Functional cookies from Ambon banana peel flour: Nutritional content and potential role in preventing preeclampsia**
Luhur DIMAS BUDI, Diana FIVI MELVA, Firdaus FIRDAUS.....**138**
- **Crecimiento físico y dimorfismo sexual en escolares de diferentes zonas sanitarias de Tucumán (Argentina)**
Physical growth and sexual dimorphism in schoolchildren from different health districts of Tucumán (Argentina)
María Laura CORDERO, María Dolores MARRODÁN SERRANO**147**
- **Conocimiento y satisfacción materna sobre la consejería nutricional en alimentación complementaria**
Maternal knowledge and satisfaction with nutritional counseling on complementary feeding
Geon VILLARROEL ALARCON, Cesar Abraham MENDOZA ZUMBA, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Miguel Angel CASTRO MATTOS, Florentina Gabriela VIDAL HUAMÁN.....**158**
- **Ingesta de polifenoles y riesgo cardiovascular en estudiantes de una universidad pública, Lima - Perú**
Polyphenol intake and cardiovascular risk in students of a public university, Lima – Perú
Jean Marcos SULCA MEDINA, Oscar Gustavo HUAMAN GUTIERREZ, Luis Pavel PALOMINO QUISPE.....**168**
- **Más allá del intestino: la microbiota como moduladora de la salud de la piel**
Beyond the gut: The microbiota as a modulator of skin health
Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS, Vivian Rosario MENA MIRANDA.....**174**
- **Microbiota intestinal y su relación con el eje intestino-pulmón: implicaciones clínicas y fisiopatológicas**
Gut microbiota and its relationship with the gut-lung axis: Clinical and pathophysiological implications
Vicente M. MARTÍNEZ CÁRDENAS, Vivian R. MENA MIRANDA**182**
- **Sensory attributes and potential health benefits: an untrained consumer panel's evaluation of peruvian dark chocolate at varying cocoa levels (40%, 60%, 72%)**
Andrea L. Bohórquez-Medina, Sofía L. Bohórquez-Medina, Sandra Zubieta.....**190**
- **Sinergia entre leche materna y sucedáneos en paciente lactante con fenilcetonuria: Reporte de un caso**
Synergy between breast-milk and substitutes in a lactating patient with phenylketonuria: Case report
Luis Angel KONG LOZANO**201**

SUMARIO

- **Uso de redes sociales y riesgo de trastornos de conducta alimentaria en adolescentes mujeres de un colegio en Lima, Perú**
Social media use and risk of eating disorders in adolescent girls from a school in Lima, Peru
 Rosa Maria HUAPAYA GUILLÉN, Julia Tatiana MENDOZA ROMERO, Ximena Fernanda CARRASCO FLORES, Jamee GUERRA VALENCIA, Antonio CASTILLO-PAREDES, Jose Jairo NARREA VARGAS **206**
- **Efecto neuroprotector del cocimiento de hojuelas de *Chenopodium quinoa* (quinua) variedad negra en ratones sometidos a daño por etanol**
Neuroprotective effect of cooking black *Chenopodium quinoa* (quinoa) flakes in mice subjected to ethanol damage
 Lizeth Alicia PALOMINO SIERRA DE CALLE, Frank Brandon SAMANIEGO TIAHUALLPA, Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ **213**
- **Relación entre el índice de masa corporal y el índice tri-ponderal con la prueba de caminata de seis minutos en adultos mayores**
Relationship between body mass index and tri-weight index with the six-minute walk test in older adults
 Marco COSSIO-BOLAÑOS, Rubén VIDAL-ESPINOZA, Benjamin JORQUERA-DONOSO, Pablo PEDRERO-VALENZUELA, Camilo URRÁ-ALBORNOZ, Fernando ALVEAR-VÁSQUEZ, Marcella Silva RAMOS DE LAZARI, Rossana GÓMEZ-CAMPOS **221**
- **Vitamin D supplementation influences the serum lipid profile in the Jordanian population with vitamin D deficiency**
 Saad AL-FAWAEIR **227**
- **Consumo de aceite de oliva y estilo de vida asociados al riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en pacientes de un hospital público**
Olive oil consumption and lifestyle associated with risk of type 2 diabetes mellitus in patients in a public hospital
 Sebastian ROJAS RAMOS, Grecia Tamara ROMERO PÁRRAGA, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Christopher Brain ROSAS CHOO, Marco Alexi TABOADA GARCÍA **239**
- **Efecto del tratamiento térmico en la retención del β -caroteno en zanahoria (*Daucus carota L*) y zapallo (*Curcubita maxima Duchesne y Lam*): implicaciones para la cocción doméstica y procesamiento industrial**
Effect of thermal treatment on β -carotene retention in carrot (*Daucus carota L*) and pumpkin (*Curcubita maxima Duchesne y Lam*): implications for domestic cooking and industrial processing
 Giuliana RONDÓN SARAVIA, Juan Andrés LOPA BOLÍVAR **246**
- **Impacto de la altitud geográfica en el estado nutricional y antropométrico de gestantes en el Perú: evidencias para una política materna contextualizada**
Impact of geographic altitude on the nutritional and anthropometric status of pregnant women in Peru: evidence for a contextualized maternal policy
 Luis BAQUERIZO-SEDANO, José A. CHAQUILA, Carlos TORRES-SALINAS, Pedro GONZÁLEZ-MUNIESA **255**
- **Harinas de cáscaras de maracuyá, naranja y pitahaya como alternativa sostenible para la industria alimentaria**
Passion fruit, orange and pitahaya peel flours as a sustainable alternative for the food industry
 José Patricio MUÑOZ MURILLO **263**
- **A comparative study of food security, self-efficacy, food coping strategies, and children nutritional status in urban and rural poor households in Cianjur Regency, Indonesia**
 Hana FATIMAH, Ali KHOMSAN, Cesilia Meti DWIRIANI, Annisa Utami SEMINAR **270**
- **Factors associated with stunting prevalence in Indonesia: a multilevel analysis of island disparities**
 Anna Vipta Resti MAULUDYANI, Mewa ARIANI, Sri Hastuti SUHARTINI, Rindang EKAWATI, Mugia Bayu RAHARDJA, Herlina TARIGAN, Anggit GANTINA, Ahmad SYAFIQ **278**
- ***Hydropuntia edulis* as a nutritional therapeutic agent for human melanoma: In silico approach and in vitro validation for functional food application**
 Enggar Yusrina HASYYATI, Maftuchah ROCHMANTI, NAFHAH, Adha Fauzi HENDRAWAN, Arifa MUSTIKA, Happy Kurnia PERMATASARI, Gioconda MILLOTTI, Fahrul NURKOLIS **286**

SUMARIO

- **The potential of local fish-based snacks to improve the performance of adolescent football school students in Ternate city**
Fahmi Abdul HAMID, HARDINSYAH, Budi SETIAWAN, Hadi RIYADI**296**
- **Effectiveness green okra pudding on glycemic profile of adults with type 2 diabetes mellitus through regulation of TCF4 protein**
Armenia Eka PUTRIANA, Evy DAMAYANTHI, Eny PALUPI, Zuraidah NASUTION, Ekowati HANDHARYANI, Ni Luh Ayu MEGASARI.....**305**
- **Composición corporal, índice de masa corporal y envejecimiento biológico acelerado en mujeres beneficiarias de programas sociales en los Andes del sur del Perú**
Body composition, body mass index, and accelerated biological aging in women beneficiaries of social programs in the southern Andes of Peru
Rocio CAHUANA LIPA, Julio Cesar MACHACA MAMANI, Edward TORRES CRUZ, Yuliza Francesca ANCHARI OBLITAS, Nancy BERDUZCO TORRES, Angela Fiorella SOTA CANO.....**313**
- **Efecto protector del zumo de hojas de *Spinacia oleracea* (espinaca) frente a un cuadro de hipersecreción gástrica en ratas**
*Protective effect of *Spinacia oleracea* (spinach) leaf juice against gastric hypersecretion in rats*
Frank Brandon SAMANIEGO TIAHUALLPA, Grace Yanella CABREJOS SILVA, José Manuel HUAMÁN GUTIÉRREZ, Marita LOZANO CUEVA, Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ**323**
- **Efecto de la dieta con semilla *Citrullus lanatus* (sandía) pulverizada sobre los niveles de glucosa y tejido pancreático de ratas con cuadro diabético inducido por aloxano**
*Effect of a diet containing powdered *Citrullus lanatus* (watermelon) seed on glucose levels and pancreatic tissue in rats with alloxan-induced diabetogenic symptoms*
Luis Angelo PAUCAR DIAZ, Oscar Gustavo HUAMAN GUTIERREZ, Antonio HERRERA ROSALINO**331**
- **Omega-3 supplementation lowers ApoB100 levels in obese adolescents: a controlled intervention study**
Zuraida HAFNI, Agussalim BUKHARI, Suryani AS'AD, Nurdudji A TASLIM, Haerani RASYID, AMINUDDIN, Andi Yasmin SYAUKI, Nur ASHARI, A Arsyi Adlina Putri SADIKIN.....**339**
- **Nutrition Literacy Status of individuals with and without eliac disease**
Irem Olcay EMINSOY, Emel Aydan BAHADIR, Muzaffer Gokhan EMINSOY, Seren KAYA, Goksu CELIK, Aleyna DODA, Berfin KOSE.....**349**
- **Strategy for Accelerating Stunting Reduction Program in Tasikmalaya City, Indonesia Using Analytic Hierarchy Process (AHP)**
Iseu Siti AISYAH, Ikeu TANZIHA, Ali KHOMSAN, Hadi RIYADI**357**
- **Synergistic effects of balanced diet education and Ramadan fasting on body weight in obese adolescents**
Lieken Artarini MEHINGKO, Aminuddin AMINUDDIN, Nurdudji A TASLIM, Agussalim BUKHARI, Haerani RASYID, Nur ASHARI, A Arsyi A P SADIKIN.....**366**
- **Enseñanza de mejores prácticas para la evaluación del pliegue tricipital en estudiantes de Educación física**
Teaching best practices for tricipital fold assessment in physical education students
Camilo URRRA ALBORNOZ, Ruben VIDAL ESPINOZA, Margoth RIVERA PORTUGAL, Sergio VALDES RETAMAL, Rossana GOMEZ CAMPOS, Marco COSSIO BOLAÑOS**376**
- **Relación entre antioxidantes y la dieta humana: ¿Sabes los antioxidantes que comes?**
Relationship between antioxidants and the human diet: Do you know the antioxidants you eat?
María Fernanda FERNÁNDEZ-LEÓN, Cristian Alexis QUISILEMA PULUPA, Ana María FERNÁNDEZ-LEÓN.....**383**
- **A cross-sectional study on determinant factors of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women in disaster-prone areas: A case study at Talise Community Health Center, Palu City**
Estudio transversal sobre los factores determinantes de la desnutrición energética crónica (DEC) en mujeres embarazadas en zonas propensas a desastres, Centro de Salud Talise, Ciudad de Palu
Ummu AIMAN, Febiani RISKIKA, I Nyoman Agus SEPTIAWAN, Syahla Syahrani PUTRI, Indriani NURHIDAYA, St. Ika FITRASYAH, Nikmah Utami DEWI, HIJRA, Diah Ayu HARTINI**392**

SUMARIO

- **Fiabilidad de un instrumento diagnóstico del insomnio en pacientes adultos diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2**
Insomnia diagnostic instrument's reliability on adult patients diagnosed with type 2 diabetes
 José Luis GUZMÁN MALLQUI, Ricardo Omar CUERVO GUERRERO, Hanae Alejandra UEHARA MORALES,
 Pold Christian VEGA SALAZAR **402**

- **Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de un yogur de arazá (*Eugenia stipitata*) endulzado con panela**
Evaluation of the physicochemical properties and bioactive compounds of an arazá (*Eugenia stipitata*) yoghurt sweetened with panela (sugar cane)
 María Katherine CASTILLO CEDEÑO, Ítalo Jair CHAVARRIA CEDEÑO, José Patricio MUÑOZ MURILLO **408**

- **Relación entre el estrés percibido, el síndrome de intestino irritable y las características de las deposiciones en estudiantes universitarios chilenos**
Relationship between perceived stress, irritable bowel syndrome and stool characteristics in Chilean university students
 Daniela MORALES CARREÑO, Daniela ARAYA VARAS, Sebastián MORALES RIOS, Macarena MASSONE BUSTAMANTE,
 Diego GALLEGU LOPEZ, Ignacio ASTUDILLO GANORA..... **416**

- **Normas de publicación** **422**

Consumo alimentar segundo o grau de processamento em candidatos a cirurgias: uma comparação entre pacientes oncológicos e não oncológicos

Food consumption according to degree of processing in surgery candidates: a comparison between oncological and non-oncological patients

Raíza Zacarias COSTA¹, Julee Stephani Gomes ALVES¹, Mariana Gomes de LIMA¹, Maria Izabel Siqueira de ANDRADE¹, Janatar Stella Vasconcelos de MELO²

1 Faculdade de Nutrição (FANUT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

2 Unidade Multiprofissional, Hospital Universitário Professor Antunes (HUPAA).

Recibido: 10/abril/2025. Aceptado: 18/julio/2025.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o consumo alimentar, segundo o grau de processamento, de pacientes no pré-operatório de cirurgias oncológicas e não oncológicas.

Métodos: Estudo transversal com amostra não probabilística de 106 pacientes, sendo 49 com doenças neoplásicas. O consumo foi avaliado com um questionário de frequência alimentar adaptado, atribuindo pesos às categorias do questionário para gerar escores quantitativos.

Resultados: Na amostra total, o escore mediano para o consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados foi significativamente maior que os valores encontrados para os alimentos processados e ultraprocessados ($p < 0,001$). Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) para menor consumo dos itens processados nos pacientes de classe econômica baixa e que realizaram cirurgias de maior porte. Participantes englobados na classe econômica baixa ainda apresentaram maior consumo de ultraprocessados, enquanto aqueles com presença de hipertensão e/ou diabetes demonstraram menores medianas deste consumo ($p < 0,05$). Em adição, os dados apontam associações com significância do tipo

marginal ($p < 0,10$) para o maior escore do consumo de alimentos processados entre indivíduos com maior escolaridade, magreza e do sexo feminino.

Conclusão: Nossos achados demonstraram maiores escores do consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados nos indivíduos avaliados. Reforçamos a importância da realização de mais estudos com amostras maiores e com delineamentos prospectivos para melhor elucidação do padrão alimentar e suas flutuações nas diferentes fases do tratamento do público em questão.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade nutricional. Padrões Dietéticos. Avaliação pré-operatória.

ABSTRACT

Objective: To evaluate food consumption, according to the degree of processing, of patients in the preoperative period of oncological and non-oncological surgeries.

Methods: Cross-sectional study with a non-probabilistic sample of 106 patients, 49 of whom had neoplastic diseases. Consumption was assessed using an adapted food frequency questionnaire, assigning weights to the questionnaire categories to generate quantitative scores.

Results: In the total sample, the median score for the consumption of natural and minimally processed foods was sig-

Correspondencia:
Raíza Zacarias Costa
raizacostanutricionista@gmail.com

nificantly higher than the values found for processed and ultra-processed foods ($p < 0.001$). A significant difference ($p < 0.05$) was observed in the lower consumption of processed foods among patients from lower socioeconomic classes and those who underwent major surgeries. Participants from lower socioeconomic classes also had higher consumption of ultra-processed foods, while those with hypertension and/or diabetes had lower median consumption ($p < 0.05$). Furthermore, the data indicate associations with marginal significance ($p < 0.10$) for higher processed food consumption scores among individuals with higher education, thinness, and female gender.

Conclusion: Our findings demonstrated higher scores for consumption of natural and minimally processed foods in the individuals evaluated. We reinforce the importance of conducting further studies with larger samples and more robust statistical designs.

KEYWORDS

Nutritional quality. Dietary patterns. Preoperative evaluation.

ABREVIACÕES

IMC: Índice de Massa Corporal.

HUPAA: Hospital Universitário Professor Alberto Antunes.

UFAL: Universidade Federal de Alagoas.

CCEB: Critério de Classificação Econômica Brasil.

ABEP: Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa.

POMS: Postoperative Morbidity Survey.

WHO: World Health Organization.

QFA: Questionário de Frequência Alimentar.

FC: Frequência de Consumo.

IPAQ: Questionário Internacional de Atividade Física.

CEP: Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica.

DM: Diabetes Mellitus.

INTRODUÇÃO

O câncer é um dos principais problemas de saúde pública no mundo, e é frequentemente associado ao consumo excessivo de alimentos ultraprocessados, que aumentam a incidência, recidiva e mortalidade ocasionadas pelo processo blastomatoso¹. Em contrapartida, uma dieta baseada em alimentos *in natura* e minimamente processados retarda compostos químicos potencialmente cancerígenos².

A classificação NOVA, utilizada pelo guia alimentar para população brasileira de 2014³, salienta que o processamento a que alimentos são submetidos determinam não apenas seu conteúdo em nutrientes, mas outros atributos com potencial de influenciar o risco de obesidade e de várias outras doenças relacionadas à alimentação. Essa classificação organiza os alimentos em quatro categorias. Os alimentos *in natura* ou minimamente processados, os ingredientes culinários processados, os alimentos processados e os ultraprocessados.

Estudos recentes já indicam que existe uma relação diretamente proporcional entre o consumo de alimentos ultraprocessados e o aumento da incidência de câncer¹⁻⁴. Neste contexto, pacientes oncológicos mal nutridos possuem maior chance de apresentar complicações durante a internação e índice elevado de morbidade e mortalidade por diferentes causas, uma vez que, a má nutrição acarreta uma série de desequilíbrios bioquímicos e orgânicos cujas consequências são alterações no metabolismo de macro e micronutrientes, o que aumenta as toxicidades do tratamento e piora a qualidade de vida dos pacientes⁵. A ingestão alimentar inadequada de energia e nutrientes e/ou um estado de estresse metabólico pré ou pós procedimento cirúrgico geralmente faz esse quadro se instalar e os resultados no período perioperatório apresentam maiores chances de desfechos negativos⁶.

Alguns outros estudos relacionam o consumo de alimentos com esse tipo de processamento com outras variáveis, como o de Rauber et al⁷, que correlaciona o consumo dos ultraprocessados com a obesidade, que é um potencial preditor para neoplasias, especialmente de esôfago, endométrio, rim, fígado, estômago, pâncreas, colón e reto, vesícula biliar, mama (pós-menopausa) e ovário⁸. Ainda, há as pesquisas que relacionam o consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados a um desfecho favorável em saúde, nesses estudos o consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados foi associado a uma menor taxa de mortalidade para pacientes com câncer metastático⁹. Tais achados evidenciam que desfechos diferentes são obtidos com a ingestão de alimentos com graus de processamento distintos, e que essa diferença no processamento alimentar incide no organismo de maneiras individuais gerando impactos clínico-nutricionais.

Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi avaliar o consumo alimentar, segundo o grau de processamento, de pacientes no pré-operatório de cirurgias oncológicas e não oncológicas.

MÉTODOS

Estudo de delineamento transversal, com amostra não probabilística, com abordagem dos pacientes admitidos nas enfermarias da clínica cirúrgica do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes da Universidade Federal de Alagoas (HUPAA/UFAL/Maceió-AL) no período de agosto de 2021 a julho de 2022. Para a aquisição das variáveis de estudo foram aplicados questionários elaborados especialmente para a pes-

quisa, englobando variáveis demográficas, socioeconômicas, clínicas, antropométricas e dietéticas. Todas as informações foram coletadas por nutricionistas e acadêmicos de Nutrição devidamente treinados.

Foram incluídos indivíduos com e sem diagnóstico de câncer, de ambos os sexos, com idade ≥ 20 anos, com capacidade física de permanecerem em posição ortostática sem ajuda para a avaliação antropométrica. Gestantes, lactantes, pacientes com doenças em fase terminal, neurológicas ou síndromes genéticas, internados para realização de cirurgia bariátrica, procedimentos diagnósticos ou por complicações pós-operatórias, incapazes de prestar informações e que estiverem sem acompanhantes e/ou impossibilitados de serem submetidos à avaliação antropométrica objetiva, com presença de retenção hídrica (edema e ascite) e amputação de membros não foram incluídos.

Na avaliação demográfica e socioeconômica foram obtidas informações relativas a sexo, idade, renda *per capita*, escolaridade e ocupação. Para fins de caracterização da amostra, os indivíduos foram classificados em função do status socioeconômico conforme o Critério de Classificação Econômica Brasil (CCEB) proposto pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa – Abep (ABEP, 2020), o qual divide as classes nas categorias: alta (subcategorias A1 e A2), média (subcategorias B1, B2 e C1) e baixa (subcategorias C2, D e E).

Dados relacionados ao diagnóstico clínico como presença de comorbidades, tipo de procedimento cirúrgico realizado, tempo de internamento total e pós-operatório e desfecho clínico (alta, transferência ou óbito) foram transcritos dos prontuários dos pacientes. Adicionalmente, foram verificadas a severidade da cirurgia, conceitualmente categorizada quanto ao porte da intervenção em cirurgias de menor (com pequena probabilidade de perda de fluido e sangue), moderado (com média probabilidade de perda de fluido e sangue) e maior porte (com grande probabilidade de perda de fluido e sangue)¹⁰ e a classificação temporal do procedimento cirúrgico, a qual foi distribuída em cirurgias eletivas (com data facultada pelo paciente ou cirurgião), de emergência (realizada até 1h após admissão), urgência (realizada em até 24h após admissão), urgência eletiva (realizada dentro de 2 semanas) e eletiva essencial (realizada entre 3 a 8 semanas)¹¹. A presença de complicações pós-operatórias foi determinada conforme a escala Postoperative Morbidity Survey (POMS)¹², ferramenta composta por nove domínios para sinalização de possíveis complicações (pulmonares, infecciosas, renais, gastrointestinais, cardiovasculares, neurológicas, hematológicas, feridas e dores) que registram a morbidade em função de critérios pré-estabelecidos.

Na ocasião da avaliação antropométrica foram obtidas medidas de peso atual e altura, que foram aferidas de acordo com a técnica proposta por Lohman et al. (1988)¹³ no momento pré-cirúrgico. Para a determinação do peso foi utilizada uma balança eletrônica digital calibrada, da marca Líder®,

com capacidade para até 300 kg e variação de 100g. A altura foi medida em estadiômetro de alumínio acoplado à balança com extensão de 2m. Com as medidas de peso e altura foi calculado o índice de massa corporal (IMC), o qual foi classificado de acordo com a World Health Organization - WHO (1995)¹⁴, para adultos, e segundo Lipschitz (1994)¹⁵ para idosos. O percentual de perda de peso (%PP) foi calculado pela fórmula (peso habitual-peso atual/peso habitual x100) e classificado em perda significativa e perda grave de peso de acordo com o tempo segundo Blackburn et al.,1977¹⁶.

Quanto à avaliação dietética, os dados referentes ao consumo alimentar habitual foram coletados por meio de um questionário de frequência alimentar (QFA) qualitativo que possibilitou ao entrevistado informar o número de vezes que consumiu determinado alimento no período dos seis meses anteriores à pesquisa.

O modelo do QFA utilizado na pesquisa foi adaptado daquele proposto e validado por Furlan-Viebig e Pastor-Valero (2004)¹⁷ para o estudo de dieta e doenças crônicas não transmissíveis, considerando a ingestão dos últimos 6 meses. O questionário original proposto por esses autores é composto por 98 itens, sendo adotadas as seguintes categorias de frequência de consumo (FC): Nunca (FC1) ≤ 1 vez por mês (FC2), 1 vez por semana (FC3), 2-4 vezes por semana (FC4), 1 vez ao dia (FC5), e 2 ou mais vezes ao dia (FC6). Alimentos representativos da culinária nordestina e de consumo habitual no local de estudo foram adicionados ao instrumento.

Para que a frequência de consumo fosse tratada como variável quantitativa, foi usado o modelo dos escores proposto por Fornés et al.¹⁸ com conversão das categorias em frequência de consumo anual, e atribuiu-se um peso (S) a cada categoria de frequência. Foi definido como peso máximo $S_5=1$ para o consumo diário e os demais foram calculados com a equação: $S_n=(1/365)[a+b/2]$ (a e b sendo o número de dias da frequência).

Dessa forma, foram obtidos os escores de frequência de consumo para três grupos de alimentos:

1. Alimentos *in natura* e minimamente processados:

leite integral, leite desnatado, milho, arroz, macarrão, feijão preto/mulatinho/carioquinha, feijão verde/macassar, aveia, cuscuz, farinha/farofa, tapioca, batata-doce, batata-inglesa, macaxeira, inhame, bovina (assada, cozida), bovina (frita), suína (carne de porco), galinha sem pele/filé de frango (assado, cozido), galinha com pele/frango frito, peixes e frutos do mar, ovo, fígado, vísceras de frango ou de boi, salada crua, salada cozida, cenoura, chuchu, jerimum, couve (folha e flor), quiabo/maxixe, vagem, banana, laranja, acerola, maracujá, manga, maçã, mamão, abacate, goiaba, limão, melão, jaca, melancia, uva, seriguela, abacaxi, umbu, cajá, pinha, pêra, graviola, caju, carambola, tamarindo, morango, kiwi, água de coco, suco de frutas, mel/rapadura, café/chá.

2. **Alimentos processados:** queijos brancos, queijos amarelos, pão, pão/bolacha integral, sardinha/atum em conserva, charque/carne de sol.
3. **Alimentos ultraprocessados:** bolacha/biscoito, salsicha, linguiça, frios: presunto, salame, mortadela, peito de peru etc., maionese, maionese light, balas e doces, pudim/manjar/doces/sorvetes, refrigerantes (normal, zero, diet, etc.), suco artificial, ketchup/mostarda, pizza/sanduíche/McDonalds, salgadinhos de bar, coxinha/em-pada, bolo.

O escore de frequência de cada grupo foi obtido pelo somatório do peso de cada item.

Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFAL (CEP/UFAL), de acordo com a Resolução N°196/96 do Conselho Nacional de Saúde, sob número CAAE 47896321.9.0000.5013. O paciente foi previamente informado dos objetivos da pesquisa, bem como dos parâmetros adotados e que a participação era voluntária. Os dados somente foram coletados após autorização do paciente através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

As análises estatísticas foram efetuadas com uso do *software* SPSS, versão 13 para Windows. As variáveis categóricas foram apresentadas em frequências absolutas e relativas e aquelas em formato contínuo foram expressas em medianas seguidas de seus respectivos intervalos interquartílicos (IQ). Para avaliação da normalidade foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov. O teste U de Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis (a depender da conformação da variável) foi aplicado para comparação do consumo de alimentos em função das variáveis explicativas, sendo adotado o $p < 0,05$ como indicativo de significância estatística e $p < 0,10$ para constatação de significância marginal.

RESULTADOS

Foram incluídos 106 pacientes, sendo 49 diagnosticados com doenças neoplásicas (pacientes oncológicos), especialmente intestinais (cólon e retossigmoide), ginecológicas (colo do útero e ovário) ou da próstata e 57 pacientes não oncológicos com patologias do tipo metabólicas, hérnias, cálculos vesiculares/renais, inflamações e fístulas.

Dentre os pacientes oncológicos, 53,1% ($n=26$) foram do sexo feminino, sendo observado um maior percentual de indivíduos adultos (63,3%; $n=31$), financeiramente inativos (75,5%; $n=37$) e de classe econômica baixa (71,4%; $n=35$).

Aos que não possuíam diagnósticos neoplásicos, houve uma frequência de 52,6% ($n=30$) de mulheres e 59,6% ($n=34$) de adultos, sendo a maioria inativo financeiramente (70,2%; $n=40$) e de classe econômica baixa (64,9%; $n=37$).

As principais características demográficas e socioeconômicas, segundo a presença de neoplasias, estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização demográfica e socioeconômica dos pacientes cirúrgicos admitidos no Hospital Universitário Professor Alberto Antunes. Maceió-AL, 2021-2022

Variáveis	Pacientes oncológicos (N=49)		Pacientes não oncológicos (N=57)	
	n	%	n	%
Sexo				
Masculino	23	46,9	27	47,4
Feminino	26	53,1	30	52,6
Grupo Etário				
Adulto	31	63,3	34	59,6
Idoso	18	36,7	23	40,4
Escolaridade				
≤ 8 anos	29	59,2	30	52,6
> 8 anos	20	40,8	27	47,4
Ocupação				
Financeiramente ativo	12	24,5	17	29,8
Financeiramente inativo	37	75,5	40	70,2
Classe Econômica^a				
Alta/Média	14	28,6	20	35,1
Baixa	35	71,4	37	64,9

^a Classe Econômica avaliada segundo os Critérios de Classificação Econômica Brasil (2020), categorizada em alta (subcategorias A1 e A2), média (subcategorias B1, B2 e C1) e baixa (subcategorias C2, D e E).

Entre os pacientes que possuíam diagnósticos neoplásicos, 63% ($n=29$) tiveram uma internação <7 dias, onde o maior percentual realizou cirurgia de maior porte (42,9%; $n=15$) e eletiva (83,3%; $n=35$). Um total de 30 (63,8%) indivíduos referiram diagnóstico de HAS e/ou DM. No grupo de candidatos a cirurgias não oncológicas, 75% ($n=42$) tiveram <7 dias de internação e 75,6% ($n=34$) realizaram cirurgias do tipo eletiva.

A perda de peso involuntária foi identificada em 37,8% ($n=17$) e 30,2% ($n=16$) dos pacientes oncológicos e não oncológicos, respectivamente, enquanto o excesso de peso foi encontrado em 59,6% ($n=28$) dos pacientes com diagnóstico de neoplasias e 58,9% ($n=33$) dos que não possuem a patologia.

As principais características clínicas e antropométricas, segundo a presença de neoplasias, estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização clínica e antropométrica dos pacientes cirúrgicos admitidos no Hospital Universitário. Escores de consumo alimentar segundo variáveis demográficas, socioeconômicas, antropométricas e clínicas de pacientes cirúrgicos admitidos no Hospital Universitário Professor Alberto Antunes. Maceió-AL, 2021-2022

Variáveis	Pacientes oncológicos (N=49)		Pacientes não oncológicos (N=57)	
	N	%	N	%
Dias de internação				
< 7 dias	29	63	42	75
≥ 7 dias	17	37	14	25
Severidade da cirurgia^a				
Menor porte	7	20	20	45,5
Médio porte	13	37,1	17	38,6
Maior porte	15	42,9	7	15,9
Classificação temporal da cirurgia^b				
Eletiva	35	83,3	34	75,6
Urgência	6	14,3	10	22,2
Urgência eletiva	1	2,4	1	2,2
Comorbidades				
Com HAS e/ou DM	30	63,8	24	42,9
Sem HAS e/ou DM	17	36,2	32	57,1
Perda de peso involuntária				
Com perda	17	37,8	16	30,2
Sem perda	28	62,2	37	69,8
IMC^c				
Magreza	2	4,3	6	10,7
Eutrofia	17	36,2	17	30,4
Excesso de peso	28	59,6	33	58,9

^a Severidade da Cirurgia: Maior porte (grande probabilidade de perda de fluido e sangue); Médio porte (média probabilidade de perda de fluido e sangue); Menor porte (pequena probabilidade de perda de fluido e sangue).

^b Classificação Temporal da Cirurgia: Eletiva (com data facultada pelo paciente ou cirurgião); Urgência (realizada em até 24h após admissão); Urgência eletiva (realizada dentro de 2 semanas).

^c IMC = Índice de massa corporal (Magreza <18,5kg/m² para adultos e <22kg/m² para idosos; Eutrofia entre 18,5- 24,9kg/m² para adultos e entre 22-27kg/m² para idosos; Excesso de peso ≥25kg/m² para adultos e >27kg/m² para idosos).

A figura 1 mostra a frequência de consumo, segundo o grau de processamento, dos cinco alimentos mais utilizados por pacientes oncológicos. Pode-se observar a ingestão diária principalmente de café/chá entre os itens da categoria *in natura* e minimamente processados, de pão entre os alimentos processados e de bolacha/biscoito entre os ultraprocessados.

A figura 2 mostra os cinco alimentos mais consumidos, segundo o grau de processamento, entre os pacientes não oncológicos, onde observa-se seleção de grupos alimentares similares àqueles visualizados nos candidatos a cirurgias oncológicas.

Na amostra total, o escore mediano para o consumo de alimentos do grupo *in natura* e minimamente processados foi de 0,1923 [IQ: 0,1511-0,2387]), valor este com diferença estatística em comparação aos escores dos processados (0,1525 [IQ: 0,0850-0,2433]) e ultraprocessados (0,0443 [IQ: 0,0121-0,0855]) ($p<0,001$).

A comparação dos escores de consumo alimentar, segundo as variáveis explicativas, está exposta na tabela 3.

Houve significância marginal ($p<0,10$) para maiores medianas de consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados nos indivíduos do sexo feminino, de alimentos processados entre os indivíduos com maior escolaridade, diagnosticados com magreza/baixo peso e do sexo feminino, sendo evidenciada ainda uma diferença significativa ($p<0,05$) para o menor consumo dos processados nos pacientes de classe econômica baixa e que realizaram cirurgias de maior porte (Tabela 3).

Com relação aos ultraprocessados, indivíduos de classe econômica baixa apresentaram maior escore de consumo deste grupo de alimentos, e aqueles com presença de HAS e/ou DM apresentaram menores medianas ($p<0,05$).

DISCUSSÃO

O presente estudo, com utilização do método de escores, evidenciou as medianas para o consumo de alimentos segundo o grau de processamento, constatando-se maiores valores principalmente para o grupo de alimentos *in natura* e minimamente processados ($p<0,05$). Segundo Fornés et al.¹⁸, valores crescentes dos escores refletem um maior consumo dos grupos alimentares em análise.

Pesquisas brasileiras indicam baixa ingestão de alimentos *in natura* e minimamente processados em pacientes com câncer¹⁹. É importante salientar a importância da orientação nutricional no ajuste do padrão alimentar destes indivíduos. Rubin (2010)²⁰ identificou que 37,1% das sobreviventes de câncer de mama receberam orientação dietética, e, destas, 97,1% relataram ter recebido apenas orientações gerais. Uma década depois, Matsell (2020)²¹ obteve achados semelhantes, com 69,3% dos pacientes com câncer colorretal sem orientação nutricional. É fundamental que os pacientes sejam ins-

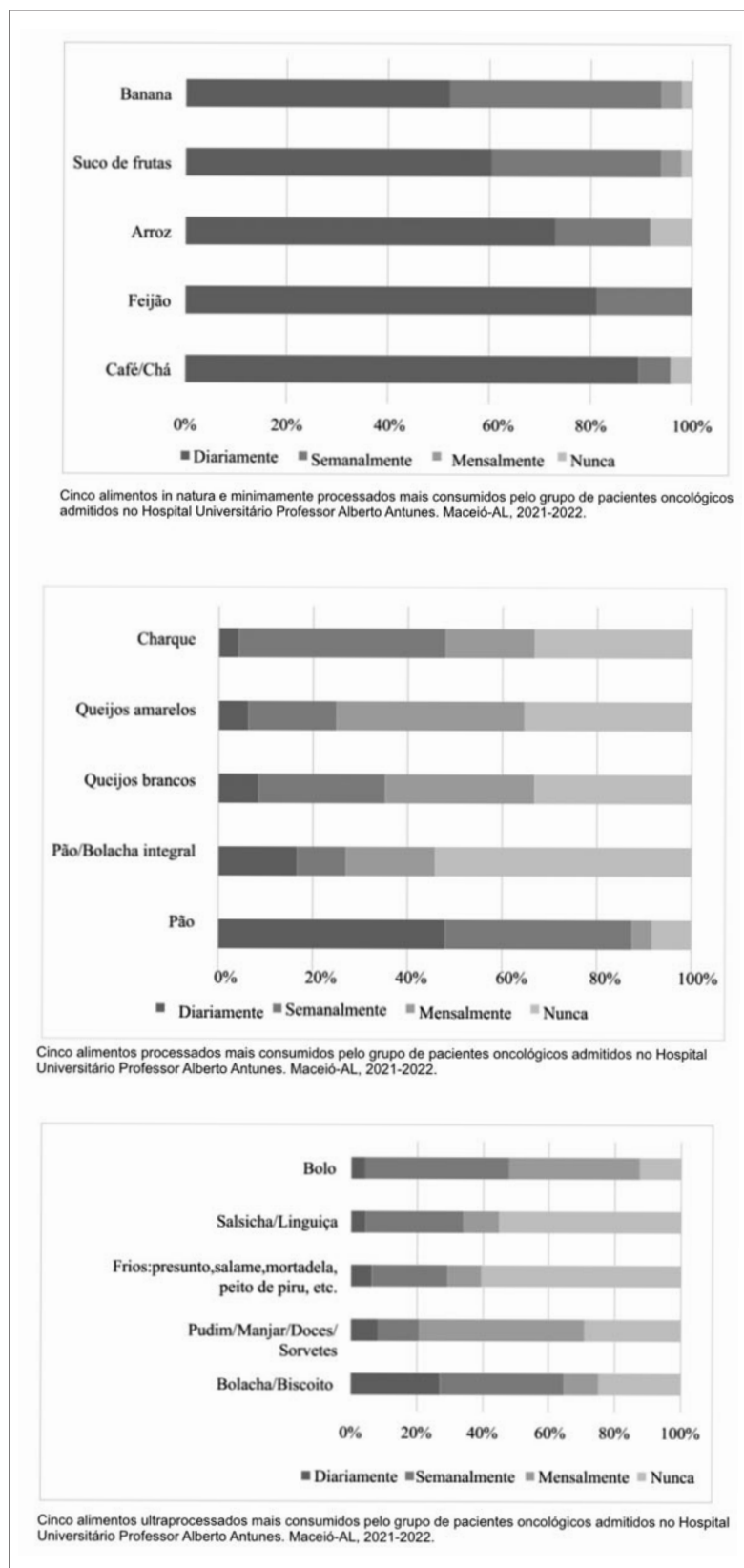


Figura 1. Distribuição dos cinco alimentos mais consumidos, segundo o grau de processamento, por pacientes oncológicos admitidos no Hospital Universitário Professor Alberto Antunes. Maceió-AL, 2021-2022

tuídos por profissionais de saúde sobre os impactos dos alimentos no organismo, favorecendo a adoção de escolhas alimentares saudáveis de forma contínua.

A transição global tem intensificado o consumo de alimentos processados, influenciado pela situação socioeconômica²². Nos achados deste estudo é possível observar uma relação entre indivíduos com maior escolaridade e maior classe econômica com um maior escore de consumo de alimentos processados. Além disso, também é possível perceber que indivíduos com uma classe econômica menor apresentam maiores medianas de escores no grupo de ultraprocessados.

No México, os processados corresponderam a 6% da energia da dieta, com maior consumo entre indivíduos de maior escolaridade²³. Resultados semelhantes foram observados na Coreia²² e no Brasil, onde indivíduos de maior escolaridade demonstraram maior consumo de ultraprocessados²⁴. Esses achados indicam uma relação direta entre o nível socioeconômico e a ingestão de alimentos processados.

Também foi possível observar que indivíduos de classe econômica baixa e que realizaram cirurgia de maior porte tiveram menor escore de consumo de processados. A literatura aponta que esses indivíduos geralmente consomem com mais frequência alimentos *in natura* e minimamente processados²²⁻²³⁻²⁴, possivelmente devido à restrição alimentar perioperatória para evitar possíveis complicações.

Pacientes com magreza/baixo peso apresentaram maior escore de consumo de alimentos processados, o que é importante interpretar de forma cautelosa, pois tal achado pode ser também encontrado em virtude do perfil de pacientes atendidos em hospitais públicos, que geralmente é composto por indivíduos com menor escolaridade e menor condição econômica²⁵⁻²⁶, e isso pode repercutir na escolha de alimentos de menor valor nutricional que apresentam preços de mercado mais acessíveis.

As comorbidades influenciam o estado nutricional, tornando o cuidado alimentar desafiador, mas eficaz. Neste estudo, indivíduos com HAS e DM consumiram menos ultraprocessados, semelhante aos achados de Barbosa et al. (2020)²⁷. Estudos também indicam que condições socioeconômicas precárias dificultam o acesso a alimentos adequados²⁸, evidenciando a influência da classe econômica na alimentação²⁹.

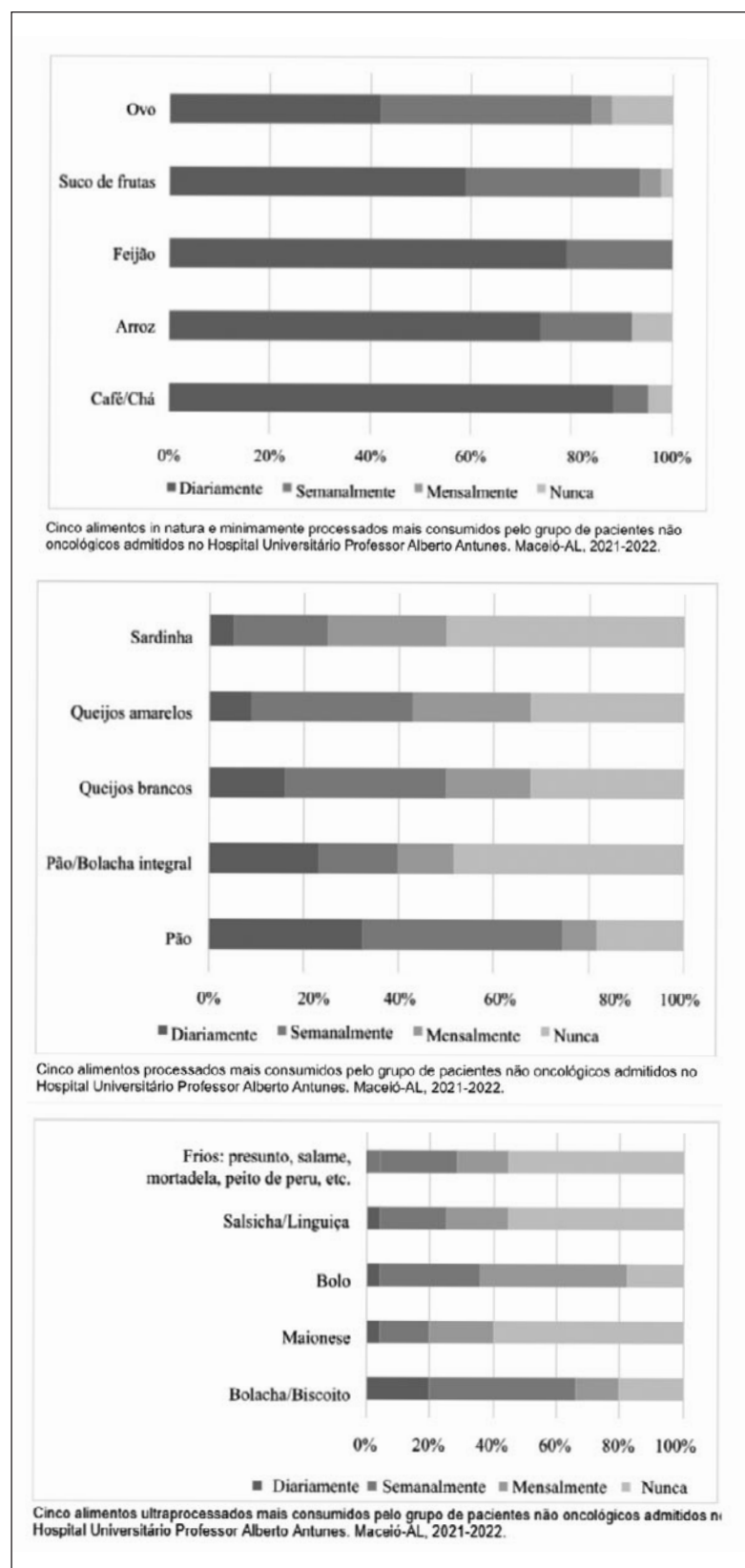


Figura 2. Distribuição dos cinco alimentos mais consumidos, segundo o grau de processamento, por pacientes não oncológicos admitidos no Hospital Universitário Professor Alberto Antunes. Maceió-AL, 2021-2022

Foi possível observar que os alimentos mais consumidos por ambos os grupos foram aqueles categorizados como *in natura* e minimamente processados, destacando-se café/chá (80,4% em não oncológicos e 89,6% em oncológicos). Vale ainda salientar o consumo de ovo (43,6%), como o alimento mais frequente entre não oncológicos, e banana (52,1%) entre os oncológicos. Enquanto nesse estudo o consumo das frutas está entre as maiores porcentagens, no estudo de Sales et al. (2020)³⁰ relataram apenas 9,3% de consumo.

Nossos achados ainda demonstraram que, entre os alimentos processados, o pão foi o mais consumido nos dois grupos de indivíduos avaliados, e nos ultraprocessados, a bolacha/biscoito teve consumo semelhante entre os grupos. Esses dados reforçam que os alimentos mais frequentemente selecionados para consumo são aqueles de maior acessibilidade.

Diante do estudado foram encontradas algumas limitações como o tipo de estudo, que impossibilita relações de causalidade, o tamanho da amostra, sendo necessário que amostras maiores sejam analisadas para maior validação dos achados. A análise do consumo alimentar também está passível à vieses de memória, principalmente pela população de idosos participantes da pesquisa.

Ademais, o QFA foi aplicado durante o período de tratamento, considerando os 6 meses anteriores à coleta de dados. Portanto, é possível que os pacientes tenham recebido orientação nutricional após o diagnóstico, o que pode ter impactado seus padrões alimentares reportados.

Em suma, a associação realizada do consumo alimentar com variáveis explicativas possibilitou a identificação de fatores sociais e individuais que podem contribuir com o delineamento de um perfil alimentar, segundo o grau de processamento, de pacientes candidatos a cirurgias oncológicas e não oncológicas.

CONCLUSÃO

Nossos achados demonstraram maiores escores do consumo de alimentos *in natura* e minimamente processados nos indivíduos avaliados. Reforçamos a importância da realização de mais estudos com amostras maiores, com delineamentos prospectivos e desenhos estatísticos mais robustos no intuito de elucidar o comportamento, as flutuações, bem como os fatores associados ao padrão alimentar de pacientes candidatos a cirurgias oncológicas e não oncológicas.

Tabela 3. Escores de consumo alimentar segundo variáveis demográficas, socioeconômicas, antropométricas e clínicas de pacientes cirúrgicos admitidos no Hospital Universitário Professor Alberto Antunes. Maceió-AL, 2021- 2022

Variáveis	In natura e minimamente processados		Processados		Ultraprocessados	
	Mediana	IQ	Mediana	IQ	Mediana	IQ
Sexo						
Masculino	0,1748	0,1348-0,2323	0,1483	0,0850-,2067	0,0461	0,0164-0,0946
Feminino	0,2008	0,1582-0,2494	0,1700	0,0867-0,2800	0,0404	0,0096-,0770
p-valor	0,092*		0,094*		0,494	
Grupo Etário						
Adulto	0,1931	0,1497-0,2432	0,1533	0,0896-0,2504	0,0450	0,0168-0,0904
Idoso	0,1823	0,1510-0,2334	0,1500	0,0779-0,2267	0,0371	0,0043-0,0771
p-valor	0,576		0,405		0,298	
Escolaridade						
≤ 8 anos	0,1902	0,1381-0,2476	0,1458	0,0796-,2267	0,0443	0,0289-0,0818
> 8 anos	0,1926	0,1511-,2297	0,1617	0,1008-0,2583	0,0429	0,0107-0,1043
p-valor	0,932		0,061*		0,948	
Classe Econômica						
Alta/Média	0,1992	0,1541-0,2356	0,1967	0,1458-,2667	0,0364	0,0080-,0584
Baixa	0,1902	0,1407-0,2449	0,1333	0,0792-,2233	0,0550	0,0293-,1041
p-valor	0,765		0,002**		0,032**	
IMC						
Magreza/Baixo peso	0,1748	0,1384-0,2688	0,2292	0,1500-0,3396	0,0546	0,0398-,0646
Eutrofia	0,1684	0,1334-,2240	0,1333	0,0775-,2367	0,0407	0,0064-0,1236
Excesso de peso	0,1992	0,1569-0,2421	0,1533	0,0950-,2433	0,0443	0,0121-,0800
p-valor °	0,249		0,071*		0,753	
Comorbidades						
HAS e/ou DM	0,1921	0,1479-0,2387	0,1533	0,0863-0,2442	0,0393	0,0096-0,0752
Sem comorbidades	0,1853	0,1455-0,2335	0,1483	0,0850-0,2433	0,0643	0,0293-0,0979
p-valor	0,871		0,895		0,049**	
Paciente oncológico						
Sim	0,1932	0,1552-0,2479	0,1458	0,0854-0,2192	0,0389	0,0059-0,0786
Não	0,1823	0,1366-0,2335	0,1783	0,0850-0,2517	0,0493	0,0157-0,0950
p-valor	0,216		0,196		0,377	
Severidade da cirurgia						
Menor porte	0,1937	0,1563- 0,2466	0,1967	0,1317-0,2800	0,0493	0,0121-0,0993
Médio porte	0,1684	0,1323-0,2108	0,1458	0,0846-0,2413	0,0464	0,0259-0,0971
Maior porte	0,1714	0,1340-0,2329	0,0950	0,0683-0,1908	0,0425	0,0061-0,0705
p-valor °	0,412		0,040**		0,755	

Teste U de Mann-Whitney. ° Teste Kruskal Wallis. *p<0,10; **p<0,05.

REFERÊNCIAS

- Chang K, Gunter MJ, Rauber F, Levy RB, Huybrechts I, Kliemann N, et al. Ultra-processed food consumption, cancer risk and cancer mortality: a large-scale prospective analysis within the UK Biobank. *eClinicalMedicine*. 2023 Feb 1;56.
- Ministério da Saúde. Universidade Federal de Minas Gerais Brasília-DF. Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição: material de apoio para profissionais de saúde. 2016. [Internet]. Available from: <https://l1nq.com/editorasaudegovbr>.
- Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde. Guia Alimentar para a População Brasileira. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. [Internet]. Available from: <https://acesse.one/saudegovguiaalimentar>.
- Possa LO. Universidade Federal de Viçosa. Capacidade antioxidante total da dieta e consumo de alimentos ultraprocessados e suas relações com estado nutricional e desfechos clínicos de pacientes oncológicos hospitalizados. Viçosa, Minas Gerais. 2021.
- Bossi P, Delrio P, Mascheroni A, Zanetti M. The spectrum of malnutrition/ cachexia/ sarcopenia in oncology according to different cancer types and settings: A narrative review. Vol. 13, *Nutrients*. MDPI AG; 2021.
- De Paiva TSS, Silva DC da, Campos MIX, Moraes LF de S, Cysneiros GF, Bispo ACF, et al. Desnutrição em pacientes pré cirúrgicos do trato gastrointestinal/ Malnutrition in pre-surgical patients of the gastrointestinal tract. *Brazilian Journal of Development*. 2020;6(9):67912–30.
- Rauber F, Steele EM, da Costa Louzada ML, Millett C, Monteiro CA, Levy RB. Ultra-processed food consumption and indicators of obesity in the United Kingdom population (2008-2016). *PLoS ONE*. 2020 May 1;15(5).
- Da Silveira, MZ. Universidade de Cruz Alta-UNICRUZ. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUÍ. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Atenção Integral à Saúde. Síndrome metabólica e obesidade em pacientes com diversos tipos de neoplasias avaliados em um centro de alta complexidade em oncologia. Dissertação de mestrado. 2019.
- Da Costa, MLV. Universidade Federal da Bahia. Escola de Nutrição. Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde. Consumo alimentar de pacientes com câncer de mama durante a quimioterapia adjuvante. Dissertação de mestrado. 2016.
- Stefani LC, Gutierrez CDS, Castro SMDJ, Zimmer RL, Diehl FP, Meyer LE, et al. Derivation and validation of a preoperative risk model for postoperative mortality (SAMPE model): An approach to care stratification. *PLoS ONE*. 2017 Oct 1;12(10).
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Nota técnica gvimsggtes/anvisa no 06/2020: orientações para a prevenção e o controle das infecções pelo novo coronavírus (SARS-COV-2) em procedimentos cirúrgicos - Revisão. Brasília, MS, 2021. 34p
- Grocott MPW, Browne JP, van der Meulen J, Matejowsky C, Mutch M, Hamilton MA, et al. The Postoperative Morbidity Survey was validated and used to describe morbidity after major surgery. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2007 Sep 1;60(9):919–28.
- Lohman TG, Martorell R, Roche AF. Anthropometric standardization reference manual. Human Kinetics Books. Champaign I, editor. Vol. I. 1988. 177.
- SELLEN D. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series No. 854. Pp. 452. (WHO, Geneva, 1995.) Swiss Fr 71.00. *Journal of Biosocial Science*. 1998 Jan;30(1): 135–44.
- Lipschitz DA. SCREENING FOR NUTRITIONAL STATUS IN THE ELDERLY. Primary Care: Clinics in Office Practice. 1994 Mar 1; 21(1):55–67.
- Blackburn GL, Bistrian BR, Maini BS, Schlamm HT, Smith MF, Blackburn GLDrB is AP of S and DNSS, et al. Nutritional and metabolic assessment of the hospitalized patient. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 1977;1(1):11–21.
- Furlan-Viebig R., Pastor-Valero M. Desenvolvimento de um questionário de frequência alimentar para o estudo de dieta e doenças não transmissíveis. Departamento de Nutrição. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. 2004. p. 4.
- De Fornés NS, Martins SI, Velásquez-Meléndez G, Latorre MRDO. Escores de consumo alimentar e níveis lipêmicos em população de São Paulo, Brasil Food consumption scores and serum lipids levels in the population of São Paulo, Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2002; 36(1):12–20.
- Torres TA, Salomon ALR, Torres TA, Salomon ALR. Estado nutricional e consumo alimentar de pacientes em tratamento de câncer. *BRASPEN Journal*. 2023 Feb 6;34(4):384–90.
- Rubin BA, Stein AT, Zelmanowicz AM, Rosa DD. Perfil Antropométrico e Conhecimento Nutricional de Mulheres Sobreviventes de Câncer de Mama do Sul do Brasil Anthropometric Profile and Nutritional Knowledge of Women who Survived Breast Cancer in the South of Brazil El Perfil Antropométrico y Conocimiento Nutricional de Mujeres Sobrevivientes del Cáncer de Mama del Sur de Brasil. Vol. 56, *Revista Brasileira de Cancerologia*. 2010.
- Matsell SL, Sánchez-García MA, Halliday V, Williams EA, Corfe BM. Investigating the nutritional advice and support given to colorectal cancer survivors in the UK: is it fit for purpose and does it address their needs? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2020 Dec 1; 33(6):822–32.
- Shim JS, Shim SY, Cha HJ, Kim J, Kim HC. Socioeconomic characteristics and trends in the consumption of ultra-processed foods in Korea from 2010 to 2018. *Nutrients*. 2021;13(4).
- Marrón-Ponce JA, Sánchez-Pimienta TG, da Costa Louzada ML, Batis C. Energy contribution of NOVA food groups and sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption in the Mexican population. *Public Health Nutrition*. 2018 Jan 1; 21(1):87–93.
- Bielemann RM, Santos Motta J v., Minten GC, Horta BL, Gigante DP. Consumption of ultra-processed foods and their impact on the diet of young adults. *Revista de Saúde Pública*. 2015 May 26; 49:1–10.

25. Tabosa JCF, Ataides JAB. Perfil sociodemográfico de pacientes portadores de HIV/AIDS internados no Hospital Alcides Carneiro para tratamento de infecções oportunistas nos anos de 2017 e 2018. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Unidade Acadêmica de Medicina. 2019.
26. Bobek PR, Alegre P. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva. Investigação do tempo entre primeira consulta e diagnóstico e do tempo entre diagnóstico e início de tratamento e fatores associados em pacientes com câncer de pulmão, mama e próstata, atendidos em um hospital público de referência em Porto Alegre, de 2012 - 2016. 2021.
27. Barbosa MAG, de Souza NP, Rodrigues HM, Fontbonne A, Cesse EÂP. Consumo alimentar de hipertensos e diabéticos na perspectiva do processamento industrial dos alimentos. Copyright ©, 2020. Revista de Atenção à Saúde. 200AD Oct 26; 65.
28. Jesus SC de, Santana SJ, Freitas RF. Prática consumo alimentar de indivíduos com diabetes e/ou hipertensão atendidos na atenção primária à saúde. RBONE - Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento. 2021; 15(92):147-55.
29. Campusano RIG, Tamez CG. Accesibilidad alimentaria en Centroamérica y República Dominicana. Nutr Clín Diet Hosp. 2021;41(1):107-13.
30. Sales J do N, Barbosa MC, Bezerra IN, Verde SMML. Consumo de Alimentos Ultraprocessados por Mulheres Sobreviventes do Câncer de Mama. Revista Brasileira de Cancerologia. 2020 Aug 26; 66(3):e-141092.

Patrones dietarios y su asociación con diferentes estadios de la enfermedad renal crónica en pacientes adultos sin tratamiento sustitutivo

Dietary patterns and their association with stages 3, 4 and 5 of renal function in adult patients without substitutive treatment

Ricardo CASTREJÓN SALGADO¹, Mónica LÓPEZ SOLÍS², Joel TREJO HERNÁNDEZ², Diana María ROJAS MALDONADO², Miguel TRUJILLO MARTÍNEZ³, Rosalba MORALES JAIMES¹, Enrique JIMÉNEZ FERRER⁴, Laura AVILA JIMÉNEZ⁵

1 Unidad de Medicina Familiar No. 03, Jiutepec. Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada IMSS, Morelos, México.

2 Hospital General Regional, Cuernavaca. Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada IMSS, Morelos, México.

3 Hospital General de Zona, Cuautla. Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada IMSS, Morelos, México.

4 Centro de Investigación Biomédica del Sur, Xochitepec. Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada IMSS, Morelos, México.

5 Coordinación de Planeación y Enlace Institucional, Cuernavaca. Órgano de Operación Administrativa Desconcentrada IMSS, Morelos, México.

Recibido: 31/mayo/2025. Aceptado: 18/julio/2025.

RESUMEN

Introducción: Múltiples estudios han evaluado la relación entre la dieta y la Enfermedad Renal Crónica. Sin embargo, hay escasa evidencia sobre la asociación entre patrones dietarios por estadios de función renal en población mexicana.

Objetivo: Identificar los patrones dietarios y evaluar su asociación con los estadios de función renal.

Material y métodos: Estudio transversal realizado en 224 adultos mayores de 18 años sin tratamiento sustitutivo de la función renal. La ingestión dietética se evaluó mediante un cuestionario de frecuencia de alimentos. Los patrones dietarios fueron caracterizados, a partir de 17 grupos de alimentos. Los estadios de función renal se determinaron a través la tasa de filtración glomerular estimada. Las asociaciones se evaluaron con modelos de regresión logística multinomial.

Resultados: Se identificaron tres patrones dietarios: el patrón "Mixto-saludable" (n = 84) se caracterizó por mayor con-

sumo de frutas, alimentos de origen animal con aporte moderado en purinas, verduras, leguminosas, cereales, tortilla, grasas poliinsaturadas-aceites de cocina y comida mexicana; el patrón "Carnes/bebidas-no saludable" (n = 76) por alimentos de origen animal elevados en purinas, embutidos, trigo y derivados, refrescos y bebidas azucaradas; el patrón "Café" (n = 64) por mayor consumo de café. Los estadios de función renal estimados: estadio 3a (n=48), estadio 3b (n=81), estadio 4 (n=75) y estadio 5 (n = 20). Los participantes con patrón "Carnes/bebidas-no saludable", comparados con patrón "Mixto-saludable", presentaron una probabilidad tres veces mayor de encontrarse en estadio 4 (RM 3.01, IC95%; 1.11, 8.17, p = 0.030) y cinco veces más un estadio 5 (RM 5.02, IC95%; 1.42, 17.78, p = 0.012) de función renal en el modelo ajustado por edad y sexo y esta asociación se mantuvo en el modelo saturado. No se encontró asociación entre el patrón "Café" con los estadios de la función renal.

Conclusión: La adherencia a un patrón no saludable se asoció con estadios de función renal más avanzados. Se requiere fortalecer la educación nutricional desde estadios tempranos de la enfermedad renal crónica.

PALABRAS CLAVE

Dieta, patrones dietarios, evaluación dietética, deterioro renal, enfermedad renal crónica.

Correspondencia:

Laura Avila Jiménez
laura.avilaj@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Multiple studies have evaluated the relationship between diet and chronic kidney disease. However, there is limited evidence on the association between dietary patterns and kidney function stages in the Mexican population. Objective. Identify dietary patterns and evaluate their association with kidney function stages.

Material and methods: Cross-sectional study in 224 adult participants without renal replacement therapy. Dietary intake was assessed using a food frequency questionnaire. The PDs were characterized, from 17 food groups, through a multivariate cluster analysis. Renal function stages were determined by estimated glomerular filtration rate (eGFR). Associations were evaluated using multinomial logistic regression models.

Results: Three dietary patterns were identified: the "Mixed-healthy" pattern (n = 84) was characterized by higher consumption of fruits, animal-based foods with moderate purine content, vegetables, legumes, cereals, tortillas, polyunsaturated fats (cooking oils), and Mexican food; the "Meat/beverage-unhealthy" pattern (n = 76) was characterized by animal-based foods high in purines, sausages, wheat and its derivatives, soft drinks, and sugary drinks; and the "Coffee" pattern (n = 64) by higher coffee consumption. The estimated kidney function stages were: stage 3a (n = 48), stage 3b (n = 81), stage 4 (n = 75), and stage 5 (n = 20). Participants with the "Meat/beverages-unhealthy" pattern, compared with the "Mixed-healthy" pattern, were three times more likely to be in stage 4 (OR 3.01, 95% CI; 1.11, 8.17, p = 0.030) and five times more likely to be in stage 5 (OR 5.02, 95% CI; 1.42, 17.78, p = 0.012) of kidney function in the age- and sex-adjusted model, and this association was maintained in the saturated model. No association was found between the "Coffee" pattern and the stages of kidney function.

Conclusion: Adherence to an unhealthy PD was associated with more advanced stages of kidney function. It is necessary to strengthen nutritional education from the early stages of chronic kidney disease.

KEYWORDS

Diet, dietary patterns, dietary assessment, kidney impairment, chronic kidney disease.

INTRODUCCIÓN

La carga de la enfermedad renal crónica (ERC) en México y el mundo se ha incrementado de forma rápida y constante en las últimas décadas, lo que constituye un grave problema de salud pública. A nivel mundial, aumentó más de 25% del 2007 a 2017¹ y se estima que el número de pacientes adultos afectados por esta enfermedad es de 13.4% (11.7–15.1%)², lo que resulta en 1.2 millones de muertes y

28 millones de años de vida perdidos por cada año³. A nivel nacional en México, se estimó una prevalencia en 2017 de 12.2%⁴.

La ERC es categorizada en estadios según la tasa de filtración glomerular estimada (TFGe), la cual es el mejor indicador disponible para evaluar la función renal debido a que evalúa de forma indirecta la capacidad de filtración de las nefronas funcionales de los riñones; por lo tanto, en la práctica clínica es de utilidad para identificar alteraciones renales tempranas, determinar función renal y monitorizar la progresión de la enfermedad renal⁵. Habitualmente en los estadios tempranos se considera una enfermedad silenciosa y asintomática, esto y sumado al aumento en la prevalencia de diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, obesidad, estilos de vida no saludables y esperanza de vida poblacional, son factores que contribuyen al incremento en la carga de morbilidad y mortalidad^{1,2}.

La dieta es uno de los factores modificables, que además de incidir directamente en la reducción de exceso de peso, control glucémico y presión arterial, también coadyuva en preservar la función renal y limitar la progresión del daño renal. Por lo tanto, estrategias centradas en los pacientes, como las intervenciones dietéticas, son costo efectivas para la contención de la ERC⁶. Actualmente, la evidencia se ha enfocado predominantemente en ciertos alimentos o grupos de alimentos individuales sobre la función renal^{7,8}.

No obstante, las personas no consumen grupos de alimentos aislados, sino más bien una combinación de estos. Por lo tanto, el enfoque basado en patrones dietarios ha surgido como un método alternativo y complementario que representan la combinación y posible interacción de grupos de alimentos, nutrimentos y bebidas en una dieta⁹. Los patrones dietarios se definen como las cantidades o proporciones de consumo de alimentos que reflejan la ingestión dietética habitual de una persona de una forma más realista, en comparación con los nutrimentos o alimentos individuales. Es por ello, que han generado gran interés como estrategia de prevención primaria y secundaria al considerarse más predictivos del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, entre ellas la ERC¹⁰. La fisiopatología que tiene determinado patrón dietario sobre la función renal no está del todo elucidada. Sin embargo, se sabe que algunos componentes de los PD considerados como saludables podrían tener un efecto nefroprotector, al influir sobre los niveles de lípidos en sangre¹¹, incrementar la sensibilidad a la insulina, disminuir la respuesta inflamatoria, estrés oxidativo y la carga de ácido dietético¹². Por el contrario, los componentes de un patrón dietario poco saludable podrían iniciar una cascada de eventos inflamatorios nefrotóxicos lo cual promueve el daño renal y la reducción en la función renal¹³.

Actualmente existen dos abordajes para el estudio de los patrones dietarios: los PD definidos *a priori*, cuyo enfoque in-

dica la adherencia a una dieta predefinida. Las dietas Mediterránea y la dieta de Enfoques Alimentarios para Detener la Hipertensión (DASH), son ejemplos de patrones dietarios saludables, con una superposición considerable de alimentos y elementos nutritivos como alimentos frescos, alta ingestión de vegetales, frutas y granos integrales, entre otros nutrientes y alimentos. Está documentado que la adherencia a estos PD tiene efecto protector para enfermedades crónicas¹⁴ y menor riesgo de deterioro de la función renal, principalmente la dieta mediterránea¹⁵. Por el contrario, mayor adherencia a una dieta occidentalizada, considerada como un patrón no saludable, basada principalmente en alto consumo de carnes rojas, alimentos procesados, grasas saturadas y dulces, se asocia positivamente con el riesgo de ERC¹⁶.

En contraste, un enfoque a posteriori se utiliza para identificar los patrones de consumo de alimentos que existen dentro de una población de estudio en específico. Estos patrones dietarios pueden ser clasificados como "saludables" o "no saludables" al comparar sus similitudes con las dietas mediterráneas, DASH u occidentalizada. Algunos estudios apoyan que los patrones dietarios saludables caracterizados mayoritariamente por frutas, verduras y un consumo limitado de alcohol están asociados con retraso en la progresión de la ERC¹⁷. No obstante, también se ha reportado que un patrón de consumo basado principalmente en cereales integrales, frutas y verduras, muestra cambios en la TFG⁸. Mientras que, una revisión sistemática con metaanálisis mostró que la adherencia a un patrón dietario saludable, rico en cereales integrales, verduras, frutas, legumbres, frutos secos, pescado, y menor consumo de carnes rojas y/o procesadas, sodio y bebidas azucaradas, reduce el riesgo de ERC¹⁵. Por el contrario, la adherencia a un patrón dietario "poco saludable" que incluyó un mayor consumo de carne roja y/o procesada, granos refinados, dulces, postres, lácteos altos en grasa, azúcar, comidas rápidas como papas fritas, baja ingesta de frutas y verduras se asoció con una función renal más baja y mayor riesgo de ERC¹⁸. Una revisión concluyó que los patrones dietarios a posteriori "poco saludables" se asociaron con aumento significativo en el riesgo de disminución de la TFG, mientras que, la asociación entre los PD "saludables" y el riesgo de ERC fue menos consistente¹⁹.

Hasta el momento el estudio de patrones dietarios, utilizando métodos a posteriori, para analizar su asociación sobre la función renal, aún no es concluyente. La evidencia proviene en su mayoría de países desarrollados, que tienen contextos nutricionales y epidemiológicos diferentes. Hasta donde se sabe, en población mexicana no hay estudios clínicos que analicen esta asociación. Por lo tanto, en este estudio nos planteamos como objetivo identificar los patrones dietarios y evaluar su asociación con los estadios 3, 4 y 5 de función renal en pacientes sin tratamiento sustitutivo de la función renal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal, analítico, monocéntrico que incluyó 224 participantes adultos derechohabientes del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Reclutados de julio a octubre 2019 en el Hospital General Regional c/ Medicina Familiar No. 1, Cuernavaca Morelos, México, a través de muestreo no probabilístico debido a que los pacientes son referidos de diferentes unidades médicas de primer nivel de atención médica que están dentro del área conurbada. Los participantes elegibles fueron: mayores de 18 años de edad, con TFG en estadios 3, 4 y 5 de la clasificación *Kidney Disease: Improving Global Outcomes* (KDIGO)²⁰, sin tratamiento sustitutivo de la función renal, referidos de su médico familiar mediante el sistema de referencia-contrarreferencia institucional, a cita de primera vez a la consulta externa del servicio de nefrología. Se excluyeron aquellos que acudieron a cita subsecuente, embarazadas, en protocolo de trasplante renal, no contar con parámetros requeridos para calcular la TFG, lesión renal aguda. Consideraciones éticas. El protocolo de investigación fue aprobado el Comité de Ética en Investigación del IMSS (Registro R-2019-1702-014). Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los/las participantes.

Variables de estudio

Estadios de función renal. La información para determinar la TFG se obtuvo de los registros médicos reportado en la hoja de referencia-contrarreferencia institucional. Se calculó utilizando la fórmula de la *Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration* (CKD EPI)⁵. Los estadios de función renal se clasificaron de acuerdo con las guías KDIGO²⁰ en: estadio 3a, estadio 3b, estadio 4 y estadio 5 según la TFG de 45 a 59, 30 a 44, 15 a 29 y menor a 15 ml/min/1.73m², respectivamente. Información de dieta para conformar los patrones dietarios. La información del consumo de alimentos fue recolectada por personal capacitado y estandarizado a través del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (FFQ, por sus siglas en inglés), validado para la dieta de población mexicana²¹. Este cuestionario incluye 118 alimentos, los cuales están divididos en total por 11 secciones distribuidas de la siguiente manera: I. Leche y derivados, II. Frutas, III. Huevos, carnes y embutidos, IV. Verduras, V. Leguminosas, VI. Cereales, VII. Golosinas, VIII. Bebidas, IX. Grasas y aceites, X. Platos típicos y XI. Otros alimentos. Donde se especifica el tamaño de las porciones y su frecuencia de consumo para cada uno de ellos: nunca, menos de una vez al mes, veces al mes (1-3), veces a la semana (1-6), veces al día (1-6). A los participantes, con ayuda de su cuidador primario, se les preguntó sobre la frecuencia y el tamaño de las porciones de cada alimento y bebidas consumidos, en unidades de uso común o tamaño de porción, durante los 12 meses previos. Otras variables de estudio. A través de un cuestionario de autoinforme se recopiló la información de: sexo, edad, con quien vive, escolaridad.

dad, antecedente heredo-familiar (AHF) de enfermedad renal, antecedentes personales patológicos (APP) de Diabetes mellitus tipo 2 (DM2) e Hipertensión arterial sistémica (HAS), consumo actual de tabaco y de alcohol, actividad física, consulta de nutrición en los últimos 12 meses, índice de masa corporal (IMC); mientras que, de los registros médicos se obtuvieron los niveles séricos de glucosa, colesterol total y triglicéridos.

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se expresaron en media $\pm$ desviación estándar ($\pm$ DE) o mediana y percentiles (p25, p75),

según su distribución de normalidad, o no, respectivamente. Las variables cualitativas en frecuencias (n) y porcentajes (%). Análisis de patrones dietarios (PD). Para estimar los PD, los 118 alimentos y bebidas del cuestionario FFQ se clasificaron dentro de 17 grupos de alimentos previamente definidos, de acuerdo con su composición de macronutrientes, contenido de fibra y uso culinario, con base en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) (Cuadro 1)²². Posteriormente, la ingestión de estos grupos de alimentos fue convertida en porcentajes (en gramos y/o mililitros) de consumo por día. Finalmente, se utilizó el análisis por conglomerados, a través del método de K medias y valores estandarizados de los gru-

Cuadro I. Grupo de alimentos utilizados en el estudio para conformar los patrones dietarios

Grupo de alimentos	Alimentos que conforman cada grupo (118 alimentos)
1. Leche y derivados	Un vaso de leche, taza de yogurt
2. Alimentos origen animal elevados en purinas	Carne de res, carne de cerdo, hígado, sardinas, barbacoa
3. Frutas	Plátano, naranja, rebanada de melón, manzana fresca, rebanada de sandía, rebanada de piña, rebanada de papaya, pera, mango, mandarina, fresas, durazno o chabacano, uvas, tuna, ciruelas, mamey, zapote
4. Alimentos origen animal purinas moderadas	Queso cottage, queso oaxaca, queso manchego, queso crema, huevo de gallina, atún, pescado fresco, taza de mariscos, pieza de pollo
5. Embutidos	Rebanada de jamón, salchicha, longaniza.
6. Verduras	Salsa de jitomate, jitomate crudo, zanahoria, lechuga, espinacas, calabacitas, nopales, crema o sopa de verduras, calabaza, coliflor, ejotes, salsa picante, chiles en lata, chile seco
7. Leguminosas	Frijoles, chícharos, habas verdes, habas secas, lentejas
8. Cereales	Papa, plato de arroz, plato de avena, plato de sopa de pasta, hojuelas de maíz, cereal alto en fibra, elote
9. Tortilla	Tortilla
10. Trigo y derivados	Tortilla de harina, rebanada de pan de caja, rebanada de pan integral, telera o bolillo
11. Postres y botanas	Rebanada de pastel, miel, cajeta, leche condensada, chocolate en polvo, tablilla de chocolate, bolsa de frituras, helado de leche, pan dulce
12. Refrescos y bebidas azucaradas	Refresco de cola, refresco de sabor, agua de sabor, jugo naranja o toronja
13. Refrescos bajo en calorías	Refrescos de dieta
14. Café	Taza de café
15. Grasas saturadas	Chicharrón, carnitas, tocino, margarina, mantequilla, crema, mayonesa, manteca vegetal, manteca animal
16. Grasas poliinsaturadas y aceites de cocinas	Aceite de maíz, aceite de soya, aceite de girasol, aceite de cárcamo, aceite de oliva, aceite de canola, aceite vegetal mixto, medio aguacate
17. Comida mexicana	Atole sin leche, atole con leche, taco al pastor, sope, quesadilla, plato de pozole, tamal

Grupos de alimentos previamente definidos con base en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE), de acuerdo con su composición de macronutrientes, contenido de fibra y uso culinario.

pos de alimentos, para obtener grupos mutuamente excluyentes⁹. Se probaron y analizaron desde dos hasta cuatro modelos de conglomerados que maximizaran la distancia euclidiana entre ellos, y se seleccionó el modelo de tres PD que fueron los mejores caracterizados nutricionalmente. Los PD fueron nombrados como: PD "mixto-saludable", PD "carnes/bebidas-no saludable" y PD "café"; basados en las diferencias estadísticamente significativas de los 17 grupos de alimentos entre cada uno de los tres PD; para esto se utilizó la prueba estadística de Kruskal-Wallis. Para comparar las características sociodemográficas y clínicas entre estadios de función renal se utilizaron las pruebas estadísticas de Ji cuadrada o exacta de Fisher, para diferencia de proporciones; mientras que el análisis de varianza (ANOVA) o Kruskal-Wallis para diferencias de medias o medianas, respectivamente. Un valor de $p < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo (Tabla 2). Análisis de asociación. Para estimar la asociación entre los PD con los estadios de función renal se utilizaron tres modelos de regresión logística multinomial: modelo 1: crudo; modelo 2: ajustado por sexo, edad y modelo 3: ajustado por sexo, edad, con quien vive, AHF de enfermedad renal, APP de DM2 o HAS, actividad física, consulta de nutrición e IMC. Las variables confusoras fueron seleccionadas con base en la literatura y aquellas que mostraron un valor de $p < 0.20$ en el análisis bivariado. Se calcularon razones de momios (RM), valores de p , e intervalos de confianza al 95% (IC95%). En todos los modelos, las categorías de referencias fueron el PD "Mixto-saludable" y estadio 3a. Se verificaron los supuestos subyacentes a los modelos estadísticos no se encontró multicolinealidad. Todos los análisis fueron desarrollados en el programa estadístico Stata versión 14.

RESULTADOS

Se identificaron tres conglomerados (PD): PD "Mixto-saludable" (37.50%), PD "Carnes/bebidas-no saludable" (33.93%) y PD "Café" (28.57%). El PD "Mixto-saludable" fue caracterizado por mayor consumo de frutas, alimentos de origen animal con aporte moderado en purinas, verduras, leguminosas, cereales, tortilla, grasas poliinsaturadas-aceites de cocina y comida mexicana. El PD "Carnes/bebidas-no saludable" por alimentos de origen animal elevados en purinas, embutidos, trigo y derivados, refrescos y bebidas azucaradas. Mientras que, el PD "Café" por mayor consumo de café (Tabla 1).

Con respecto a los estadios de función renal, se estimó mayor proporción de participantes en el estadio 3b (36.16%). Se encontró mayor proporción de mujeres en los estadios más avanzados (valor $p = 0.002$). Se observaron mayores medias de edad en los estadios 3b y estadio 4, así como menores medias en los estadios 3a y estadio 5 (valor $p = 0.001$). Se observó mayor proporción de actividad física en los estadios 3a y 3b y una menor proporción en los estadios 4 y 5 (valor $p < 0.0001$). Por otra parte, del total de los participantes el 83.93% tuvo diabetes mellitus, 54.91% hipertensión arterial, 18.30% consumo ac-

tual tabaco, 21.43% consumo actual de alcohol y 87.50% no tuvo acudió a consulta de nutrición en el último año (Tabla 2).

Al evaluar la asociación entre los PD y estadios de función renal; en el modelo 1 se observó asociación entre el consumo de un PD "Carnes/bebidas-no saludable" con el estadio 5 (RM 4.4, IC95%; 1.28, 15.09, $p = 0.018$). Al ajustar el modelo 2 se observó asociación con el estadio 4 (RM 3.01, IC95%; 1.11, 8.17, $p = 0.030$) y el estadio 5 (RM 5.02, IC95%; 1.42, 17.78, $p = 0.012$), mientras que en el modelo 3 ajustado totalmente, se conservó la asociación con el estadio 4 (RM 2.94, IC95%; 1.01, 8.55, $p = 0.047$) y el estadio 5 (RM 4.35, IC95%; 1.12, 16.82, $p = 0.033$) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Es este estudio se identificaron tres PD los cuales fueron nombrados PD "Mixto-saludable", PD "Carnes/bebidas-no saludable" y PD "Café". El PD "Mixto-saludable" se caracterizó por mayor consumo de frutas, alimentos de origen animal con aporte moderado en purinas, verduras, leguminosas, cereales, tortilla, grasas poliinsaturadas-aceites de cocina y comida mexicana. El PD "Carnes/bebidas-no saludable" por mayor consumo de alimentos de origen animal elevados en purinas, embutidos, trigo y derivados, refrescos y bebidas azucaradas, y el PD "Café" únicamente por mayor consumo de café. Por otra parte, se encontró asociación significativa entre el consumo de un PD "Carnes/bebidas-no saludable" con mayor probabilidad de encontrarse un estadio 4 y 5 de función renal. Asimismo, no se observó asociación entre el consumo del PD "Café" y los estadios de función renal.

El PD "Carnes/bebidas-no saludable" comparte similitudes en sus componentes con una dieta occidentalizada²³. Los PD occidentalizados ha demostrado estar asociados con enfermedades crónicas²⁴, entre ellas con DM2 y HAS las cuales son las principales causas de ERC en el mundo³. Algunos componentes de este tipo de dieta como un alto consumo de proteínas se han asociado con disminución de la TFG²⁵, así como un mayor consumo de alimentos fritos, vísceras y bebidas azucaradas con incremento en el riesgo de mortalidad en pacientes con ERC²⁶. Este estudio el PD no saludable se asoció con los estadio 4 y 5 de función renal, consistente con la evidencia científica generada principalmente en países de altos ingresos en donde se ha encontrado que una mayor adherencia a un PD poco saludable o tipo occidental se asocia con una TFG²⁷ más baja, mayor riesgo de desarrollar e incluso empeorar la progresión de la ERC¹. Asimismo, alineado al análisis de otros estudios en donde se evaluó la asociación entre PD y función renal¹⁸, en este estudio ajustamos los modelos por potenciales confusores y la asociación continuó siendo significativa. Incluso se observó una tendencia de mayor fuerza de asociación con los estadios más avanzados de la función renal, lo que sugiere el impacto negativo que tiene este PD no saludable sobre la progresión de daño en la función renal.

Tabla 1. Ingestión diaria de grupo de alimentos entre los patrones dietarios n = 224

	PD Mixto-saludable n = 84 (37.50%)	PD Carne/bebidas- no saludable n = 76 (33.93%)	PD Café n = 64 (28.57%)	Valor p*
Grupo de alimentos	Mediana (p25, p75)	Mediana (p25, p75)	Mediana (p25, p75)	
Leche y derivados, ml	4.33 (0.40, 10.64)	5.95 (0.95, 10.13)	2.78 (0.36, 5.88)	0.140
Alimentos de origen animal elevados en purinas, gr	1.01 (0.34, 2.53)	1.79 (0.67, 3.15)	0.95 (0.42, 1.75)	0.008
Frutas, gr	9.72 (6.08, 16.82)	5.56 (2.71, 10.44)	5.84 (3.13, 9.19)	0.0001
Alimentos de origen animal con aporte moderado de purinas, gr	7.96 (4.86, 13.31)	6.19 (3.95, 8.79)	5.60 (4.07, 10.08)	0.032
Embutidos, gr	0.23 (0.01, 0.78)	0.26 (0.09, 0.48)	0.11 (0.00, 0.25)	0.001
Verduras, gr	15.04 (9.53, 20.08)	7.24 (4.55, 9.53)	6.06 (3.44, 9.35)	0.0001
Leguminosas, gr	4.95 (3.09, 10.71)	4.16 (2.21, 5.93)	3.58 (1.77, 6.28)	0.015
Cereales, gr	6.73 (3.79, 15.42)	5.38 (2.79, 9.39)	4.81 (2.69, 7.00)	0.001
Tortilla, gr	3.02 (1.33, 4.79)	2.95 (1.57, 4.57)	1.73 (0.89, 3.38)	0.003
Trigo y derivados, gr	0.80 (0.80, 1.92)	0.91 (0.48, 1.64)	0.57 (0.01, 1.07)	0.032
Postres, gr	1.00 (0.44, 3.48)	2.43 (0.64, 5.17)	1.48 (0.33, 3.09)	0.112
Refrescos y bebidas azucaradas, ml	6.32 (0.00, 11.70)	30.74 (25.80, 37.78)	14.20 (8.83, 20.59)	0.0001
Refrescos bajos en calorías, ml	0.00 (0.00, 1.63)	0.00 (0.00, 0.46)	0.00 (0.00, 1.09)	0.78
Café, ml	1.22 (0.00, 7.48)	5.27 (0.00, 15.10)	31.36 (26.44, 35.77)	0.0001
Grasas saturadas, gr	0.33 (0.11, 1.16)	0.81 (0.39, 1.07)	0.62 (0.18, 1.01)	0.111
Grasas poliinsaturadas y aceites de cocina, gr	1.81 (1.03, 2.82)	1.24 (0.85, 1.98)	1.40 (0.82, 2.23)	0.008
Comida mexicana, gr	4.99 (2.51, 11.82)	2.84 (1.76, 5.40)	2.37 (1.22, 3.91)	0.0001
Calorías totales, kcal	1872(1270.8, 2806.8)	2135.49(1581.3, 3372.2)	2035.24(1266.5, 2784.3)	0.275

Prueba estadística Kruskal Wallis* Abreviaturas: ml: mililitros, gr; gramos: kcal; kilocalorías.

El PD "Mixto-saludable" comparte similitudes con una dieta mediterránea²⁷. Estudios previos indican que una mayor adherencia estos PD saludables ricos en: vegetales, frutas, legumbres, nueces, granos enteros, pescado, lácteos bajos en grasa y bajo consumo de carnes rojas y procesadas, sodio y bebidas azucaradas están asociados con menor inflamación crónica sistémica²⁸ y reducción en el riesgo de ERC, incluso podrían prevenir la ERC¹⁵. Por tanto, cada vez hay más evidencia científica sobre efecto benéfico que tiene la adherencia a los PD saludables en la prevención primaria o secundaria de la ERC.

Por otra parte, en este estudio no se encontró asociación entre el PD "Café" con los estadios de función renal. Si bien, la evidencia científica aún no es concluyente²⁹, y los mecanismos por los cuales el consumo de café puede preservar la función renal también son controversiales; los antioxidantes como la cafeína, hidroxiclороquina, niacina y ácido clorogénico, son los principales componentes que parecen proteger a las células endoteliales glomerulares del estrés oxidativo³⁰. No obstante, no se descarta que el resultado en este estudio sea atribuido a un bajo poder estadístico por la frecuencia de consumo de este PD.

Tabla 2. Características sociodemográficas y clínicas por estadios de función renal n = 224

Variable		Estadio 3a n=48 (21.43%)	Estadio 3b n=81 (36.16%)	Estadio 4 n=75 (33.48%)	Estadio 5 n=20 (8.93%)	Total n= 224	Valor p
Sexo	Hombre	33 (68.75%)	35 (43.21%)	25 (33.33%)	9 (45%)	102 (45.54%)	0.002[‡]
	Mujer	15 (31.25%)	46 (56.79%)	50 (66.67%)	11 (55%)	122 (54.46%)	
Edad, en años	Media ± DE	62.04 ± 14.59	69.28 ± 13.76	70.76 ± 12.71	59.00 ± 11.07	67.29 ± 13.94	0.001*
Con quién vive	Sin pareja	14 (29.17%)	39 (48.15%)	33 (44%)	5 (25%)	91 (40.63%)	0.075 [‡]
	Con pareja	34 (70.83%)	42 (51.85%)	42 (56%)	15 (75%)	133 (59.38%)	
Nivel de escolaridad	Ninguno	1 (2.08%)	7 (8.64%)	6 (8.00%)	3 (15.00%)	17 (7.59%)	0.507 ^e
	Básico/ medio	39 (81.25%)	96 (70.37%)	56 (74.67%)	15 (75.00%)	167 (74.55%)	
	Superior	8 (16.67%)	25 (20.99%)	13 (17.33%)	2 (10.00%)	40 (17.86%)	
AHF de enfermedad renal	No	38 (79.17%)	67 (82.72%)	68 (90.67%)	14 (70.00%)	187 (83.48%)	0.054 [‡]
	Si	10 (20.83%)	14 (17.28%)	7 (9.33%)	6 (30.00%)	37 (16.52%)	
APP DM2	No	6 (12.50%)	17 (20.99%)	11 (14.67%)	2 (10.00%)	36 (16.07%)	0.528 ^e
	Si	42 (87.50%)	64 (79.01%)	64 (85.33%)	18 (90.00%)	188 (83.93%)	
APP HAS	No	18 (37.50%)	37 (45.68%)	36 (48.00%)	10 (50.00%)	101 (45.09%)	0.661 [‡]
	Si	30 (62.50%)	44 (54.32%)	39 (52.00%)	10 (50.00%)	123 (54.91%)	
Consumo actual de tabaco	No	37 (77.08%)	68 (83.95%)	63 (84.00%)	15 (75.00%)	183 (81.77%)	0.576 [‡]
	Si	11 (22.92%)	13 (16.05%)	12 (16.00%)	5 (25.00%)	41 (18.30%)	
Consumo actual de alcohol	No	37 (77.08%)	62 (76.54%)	61 (81.33%)	16 (80.00%)	176 (78.57%)	0.753 [‡]
	Si	11 (22.92%)	19 (23.46%)	14 (18.67%)	4 (20.00%)	48 (21.43%)	
Actividad física	No	28 (58.33%)	58 (71.60%)	68 (90.67%)	18 (90.00%)	172 (76.79%)	<0.0001^e
	Si	20 (41.67%)	23 (28.40%)	7 (9.33%)	2 (10.00%)	52 (23.21%)	
Consulta de nutrición (último año)	No	41 (85.42%)	73 (90.12%)	63 (84.00%)	19 (95.00%)	196 (87.50%)	0.521 ^e
	Si	7 (14.58%)	8 (9.88%)	12 (16.00%)	1 (5.00%)	28 (12.50%)	
IMC, kg/m ²	≥ 18.5 a < 25	20 (41.67%)	24 (29.63%)	30 (40.00%)	10 (50.00%)	84 (37.50%)	0.376 ^e
	≥ 25 a < 30	19 (39.58%)	37 (45.68%)	24 (32.00%)	5 (25.00%)	85 (37.95%)	
	≥ 30	9 (18.75%)	20 (24.69%)	21 (28.00%)	5 (25.00%)	55 (24.55%)	
Glucosa, mg/dl	Mediana (p25, p75)	121 (94.5, 162)	123 (93, 165)	115.5 (90, 176)	162 (110.5, 210)	123 (94, 171)	0.099 [^]
	Datos faltantes	0	2	1	0	3	
Colesterol total, mg/dl	Mediana (p25, p75)	160 (122, 221)	150 (110, 200)	160 (122.5, 228)	153.5 (136.5, 209.5)	154 (120, 210)	0.603 [^]
	Datos faltantes	6	13	15	4	38	
Triglicéridos, mg/dl	Mediana (p25, p75)	145 (112, 250.5)	139.5 (101, 212)	173 (111, 233.5)	188 (128.5, 292)	151.5 (110, 225)	0.130 [^]
	Datos faltantes	4	13	15	4	36	
Calorías totales, kcal	Mediana (p25, p75)	1911.10 (1252.5, 2555.7)	1912.3 (1364.5, 2860.3)	2183.3 (1294.0, 3283.3)	1976.2 (1609.8, 3381.6)	2028.8 (1401.8, 2910.0)	0.634 [^]

Clasificación de los estadios de la función renal según las guías Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO): estadio 3a; TFG de 45 a 59 ml/min/1.73m², estadio 3b; TFG de 30 a 44 ml/min/1.73m², estadio 4; TFG de 15 a 29 ml/min/1.73m², estadio 5; TFG < 15 ml/min/1.73m². Prueba estadística de Chi², exacta de Fisher^e, análisis de varianza ANOVA*, Kruskal-Wallis[^].

Tabla 3. Asociación entre los patrones dietarios con los estadios de función renal

ERC	Estadio 3a	Estadio 3b			Estadio 4			Estadio 5		
Patrones Dietarios	Ref.	RM	Valor p	IC95%	RM	Valor p	IC95%	RM	Valor p	IC95%
Modelo 1										
Mixto-Saludable	-	Ref.	-	-	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Carnes/ bebidas-no saludable	-	1.92	0.155	0.78, 0.75	2.38	0.067	0.93, 6.04	4.40	0.018	1.28, 15.09
Café	-	0.90	0.812	0.38, 2.10	1.43	0.409	0.61, 3.36	0.45	0.375	0.08, 2.57
Modelo 2										
Mixto-Saludable	-	Ref.	-	-	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Carnes/ bebidas-no saludable	-	2.32	0.081	0.90, 6.02	3.01	0.030	1.11, 8.17	5.02	0.012	1.42, 17.78
Café	-	0.82	0.673	0.33, 2.01	1.26	0.612	0.50, 3.18	0.48	0.416	0.08, 2.76
Modelo 3										
Mixto-Saludable	-	Ref.	-	-	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Carnes/ bebidas-no saludable	-	2.57	0.067	0.93, 7.11	2.94	0.047	1.01, 8.55	4.35	0.033	1.12, 16.82
Café	-	0.96	0.941	0.37, 2.46	1.40	0.502	0.52, 3.77	0.41	0.339	0.06, 2.52

Modelos de regresión multinomial. Categorías de referencia en todos los modelos: PD mixto-Saludable y estadio 3a. Modelo 1. Crudo. No ajustado. Modelo 2. Ajustado por edad y sexo. Modelo 3. Ajustado por edad, sexo, estado civil, AHF de enfermedad renal, APP de DM2 o HAS, actividad física e índice de masa corporal. Abreviaturas. Ref: categoría de referencia, RM: Razón de momios, IC95%: Intervalo de confianza al 95%, TFGe: Tasa de Filtración Glomerular estimada.

Algunos hallazgos clínicamente relevantes y con gran impacto en la salud pública fue encontrar un alto porcentaje de pacientes en estadios 4 y 5 de función renal, lo que sugiere que estos pacientes se siguen refiriendo de forma tardía a valoración especializada por el servicio de nefrología. Asimismo, se documentó que mayoría de los pacientes no tuvieron una valoración por el servicio de nutrición en el último año. Esto podría dar pauta para que los tomadores de decisiones generen o redireccionen acciones médico-preventivas en el primer nivel de atención que permitan mitigar y contener la carga de la enfermedad. Se deben sumar esfuerzos en acciones que orienten la adopción de estilos de vida saludables involucrando a todo el equipo multidisciplinario, entre ellos al nutricionista para establecer PD saludables con un enfoque individualizado y a su contexto familiar. Además de procurar un envío oportuno a valoración especializada como estrategia de prevención y evitar la progresión del daño renal.

Algunas fortalezas identificadas en este estudio fueron: la información de dieta para conformar los conglomerados de PD se obtuvo a través del FFQ el cual está validado para po-

blación mexicana y se recolectó por personal capacitado y estandarizado. La temporalidad con la que se obtuvo la frecuencia y el tamaño de las porciones de cada alimento y bebidas consumidas fue 12 meses previos al estudio, esto permitió identificar los PD antes de la referencia a nefrología. La TFGe se calculó y se clasificó de acuerdo con las recomendaciones internacionales vigentes para evaluar la función renal. Se realizó cálculo de tamaño de muestra utilizando parámetros estadísticos pertinentes para un estudio clínico.

Los resultados de este estudio deben ser interpretados considerando algunas limitaciones. Primero, el método para conformar los grupos de alimentos y seleccionar el número de conglomerados involucró decisiones subjetivas de los investigadores, aunque se trató de realizar de manera objetiva apeados al SMAE. Segundo, no se descarta un potencial sesgo de memoria debido a la temporalidad con la que se evaluó la dieta, posibilidad de confusión residual debido a la falta de información detallada sobre la dieta, así como un posible sesgo de selección por el tipo de muestreo utilizado. Tercero, posible mala-clasificación no sistemática de la información dieta-

ría por realizar una única medición de la dieta mediante el cuestionario FFQ para inferir la cuantificación de consumo de alimentos. Cuarto, la obtención de la información clínica, antropométrica y de biomarcadores para clasificar los estadios de función renal fue a través del registro médico en la hoja de referencia-contrarreferencia institucional, dicho reporte está sujeto a posible error de medición, aunque se esperaría que este fuera no diferencial, debido a que el personal médico no tuvo conocimiento del estudio. Quinto, el diseño de este estudio no permite establecer temporalidad causa-efecto y por tanto, las conclusiones no son confirmatorias.

CONCLUSIÓN

En este estudio se encontró que un patrón dietario no saludable se asoció con estadios de función renal más avanzados; mientras que, no se observó asociación entre el patrón dietario de café y la función renal en adultos mexicanos sin tratamiento sustitutivo de la función renal. Estos hallazgos abonan evidencia clínica novedosa sobre el riesgo-beneficio que tienen determinados patrones dietarios sobre los estadios de la función renal. Asimismo, se da pauta para gestionar un enfoque integral de prevención y manejo de enfermedad renal que incluya; el control de la diabetes y presión arterial, actividad física regular y supervisada, evitar el consumo de tabaco y alcohol, además de intervenciones dietéticas con enfoque de patrones dietarios saludables. A nivel institucional se recomienda la aplicación sistemática de programas de detección temprana, difusión de las diferentes estrategias de prevención y contención de factores de riesgo para la ERC, con la finalidad de limitar el riesgo y la progresión del daño renal. Se requiere de futuros estudios clínicos longitudinales para confirmar estos hallazgos sobre todo si determinado patrón dietario puede evitar, disminuir o aumentar el riesgo de progresión del daño renal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las autoridades del Instituto Mexicano del Seguro Social, Hospital General Regional con MF No.1, Cuernavaca, OOAD Morelos y a todos los participantes del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Quintela B, Carioca AAF, de Oliveira JGR, Fraser SDS, da Silva Junior GB. Dietary patterns and chronic kidney disease outcomes: A systematic review. *Nephrology (Carlton)*. 2021;26(7):603-612. DOI: 10.1111/nep.13883.
- Lv JC, Zhang LX. Prevalence and Disease Burden of Chronic Kidney Disease. *Adv Exp Med Biol*. 2019;1165:3-15. DOI: 10.1007/978-981-13-8871-2_1.
- Kalantar-Zadeh K, Jafar TH, Nitsch D, Neuen BL, Perkovic V. Chronic kidney disease. *Lancet*. 2021;398(10302):786-802. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00519-5.
- GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):32279-7. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32279-7.
- Levey AS, Inker LA. GFR as the "Gold Standard": Estimated, Measured, and True. *Am J Kidney Dis*. 2016;67(1):9-12. DOI: 10.1053/j.ajkd.2015.09.014.
- Kalantar-Zadeh K, Fouque D. Nutritional Management of Chronic Kidney Disease. *N Engl J Med*. 2017;377(18):1765-1776. DOI: 10.1056/NEJMr1700312.
- Naber T, Purohit S. Chronic Kidney Disease: Role of Diet for a Reduction in the Severity of the Disease. *Nutrients*. 2021;13(9):3277. DOI: 10.3390/nu13093277.
- Herber-Gast GM, Boersma M, Verschuren WMM, Stehouwer CDA, Gansevoort RT, Bakker SJL, et al. Consumption of whole grains, fruit and vegetables is not associated with indices of renal function in the population-based longitudinal Doetinchem study. *Br J of Nutr*. 2017;118(5):375-382. DOI: 10.1017/S0007114517001726.
- Hu FB. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol*. 2002;13(1):3-9. DOI: 10.1097/00041433-200202000-00002.
- Hu EA, Rebholz CM. Can Dietary Patterns Modify Risk for CKD? *Clin J Am Soc Nephrol*. 2019;14(10):1419-1420. DOI: 10.2215/CJN.09440819.
- Palmer SC, Maggo JK, Campbell KL, Craig JC, Johnson DW, Sutanto B, et al. Dietary interventions for adults with chronic kidney disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;4(4):Cd011998. DOI: 10.1002/14651858.CD011998.pub2.
- Mofrad MD, Daneshzad E, Azadbakht L. Dietary acid load, kidney function and risk of chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Int J Vitam Nutr Res*. 2021;91(3-4):343-355. DOI: 10.1024/0300-9831/a000584.
- Xu H, Sjögren P, Ärnlov J, Banerjee T, Cederholm T, Risérus U, et al. A proinflammatory diet is associated with systemic inflammation and reduced kidney function in elderly adults. *J Nutr*. 2015;145(4):729-735. DOI: 10.3945/jn.114.205187.
- Jannasch F, Kröger J, Schulze MB. Dietary Patterns and Type 2 Diabetes: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis of Prospective Studies. *J Nutr*. 2017;147(6):1174-1182. DOI: 10.3945/jn.116.242552.
- Bach KE, Kelly JT, Palmer SC, Khalesi S, Strippoli GFM, Campbell KL. Healthy Dietary Patterns and Incidence of CKD: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2019;14(10):1441-1449. DOI: 10.2215/CJN.00530119.
- van Westing AC, Küpers LK, Geleijnse JM. Diet and Kidney Function: a Literature Review. *Curr Hypertens Rep*. 2020;22(2):14. DOI: 10.1007/s11906-020-1020-1.
- Wai SN, Kelly JT, Johnson DW, Campbell KL. Dietary Patterns and Clinical Outcomes in Chronic Kidney Disease: The CKD.QLD Nutrition Study. *J Ren Nutr*. 2017;27(3):175-182. DOI: 10.1053/j.jrn.2016.10.005.

18. Paterson EN, Neville CE, Silvestri G, Montgomery S, Moore E, Silvestri V, et al. Dietary patterns and chronic kidney disease: a cross-sectional association in the Irish Nun Eye Study. *Sci Rep*. 2018;8(1):6654. DOI: 10.1038/s41598-018-25067-7.
19. Ajjarapu AS, Hinkle SN, Li M, Francis EC, Zhang C. Dietary Patterns and Renal Health Outcomes in the General Population: A Review Focusing on Prospective Studies. *Nutrients*. 2019; 11(8):1877. DOI: 10.3390/nu11081877.
20. Stevens PE, Levin A; Kidney Disease: Improving Global Outcomes Chronic Kidney Disease Guideline Development Work Group Members. Evaluation and management of chronic kidney disease: synopsis of the kidney disease: improving global outcomes 2012 clinical practice guideline. *Ann Intern Med*. 2013;158(11):825-830. DOI: 10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00007.
21. Hernández-Avila M, Romieu I, Parra S, Hernández-Avila J, Madrigal H, Willett W. Validity and reproducibility of a food frequency questionnaire to assess dietary intake of women living in Mexico City. *Salud publica Mex*. 1998;40(2):133-140. DOI: 10.1590/s0036-36341998000200005.
22. Pérez-Lizaur AB, Palacios-González B. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. 5a ed. Pérez-Lizaur AB, Palacios-González B, editors. México: Fomento de Nutrición y Salud, A.C. / Ogali; 2022.
23. Christ A, Lauterbach M, Latz E. Western Diet and the Immune System: An Inflammatory Connection. *Immunity*. 2019;51(5): 794-811. DOI: 10.1016/j.immuni.2019.09.020.
24. Flores M, Macias N, Rivera M, Lozada A, Barquera S, Rivera-Dommarco J, et al. Dietary patterns in Mexican adults are associated with risk of being overweight or obese. *J Nutr*. 2010; 140(10):1869-1873. DOI: 10.3945/jn.110.121533.
25. Machado AD, Anjos F, Domingos MAM, Molina M, Marchioni DML, Benseñor IJM, et al. Dietary intake of non-dialysis chronic kidney disease patients: the PROGREDIR study. A cross-sectional study. *Sao Paulo Med J*. 2018;136(3):208-215. DOI: 10.1590/1516-3180.2017.0177141217.
26. Gutiérrez OM, Muntner P, Rizk DV, McClellan WM, Warnock DG, Newby PK, et al. Dietary patterns and risk of death and progression to ESRD in individuals with CKD: a cohort study. *Am J Kidney Dis*. 2014;64(2):204-213. DOI: 10.1053/j.ajkd.2014.02.013
27. Willett WC, Stampfer MJ. Current evidence on healthy eating. *Annu Rev Public Health*. 2013;34:77-95. DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031811-124646.
28. Chauveau P, Aparicio M, Bellizzi V, Campbell K, Hong X, Johansson L, et al. Mediterranean diet as the diet of choice for patients with chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*. 2018;33(5):725-735. DOI: 10.1093/ndt/gfx085.
29. Mazidi M, Mikhailidis DP, Dehghan A, Jóźwiak J, Covic A, Sattar N, et al. The association between coffee and caffeine consumption and renal function: insight from individual-level data, Mendelian randomization, and meta-analysis. *Arch Med Sci*. 2021;18(4): 900-911. DOI: 10.5114/aoms/144905.
30. Wijarnpreecha K, Thongprayoon C, Thamcharoen N, Panjawan P, Cheungpasitporn W. Association of coffee consumption and chronic kidney disease: A meta-analysis. *Int J Clin Pract*. 2017;71(1): 10.1111/ijcp.12919. DOI: 10.1111/ijcp.12919.

Evaluación de una intervención nutricional para mejorar la calidad de vida de pacientes con cáncer de mama en un hospital de Tegucigalpa (Honduras)

Evaluation of a nutritional intervention to improve the quality of life in breast cancer patients attending a hospital in Tegucigalpa (Honduras)

Marcio Omar MADRID ALVARADO¹, Olga Lucía PINZÓN-ESPITIA²

1 Doctorado en Nutrición, Universidad Internacional Iberoamericana. Departamento de Salud Pública, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

2 Departamento de Nutrición Humana. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Recibido: 27/abril/2025. Aceptado: 19/julio/2025.

RESUMEN

Introducción: El cáncer de mama es una de las neoplasias más prevalentes en mujeres y una causa importante de mortalidad en Honduras. Su impacto trasciende el ámbito físico, afectando la calidad de vida a nivel emocional, social y nutricional. En el entorno de consulta externa, estas dimensiones suelen quedar fuera del abordaje clínico tradicional.

Objetivos: Implementar y evaluar un plan de intervención con enfoque integral para mejorar la calidad de vida de pacientes con diagnóstico de cáncer de mama atendidas en la consulta externa de oncología del Hospital San Felipe, Tegucigalpa, Honduras.

Material y Métodos: Se realizó un estudio cuasi-experimental pre-post sin grupo control. La población estuvo compuesta por 31 pacientes diagnosticadas con cáncer de mama. La intervención incluyó evaluación y consejería nutricional, recomendaciones sobre actividad física, atención psicológica y seguimiento clínico. Se aplicó el cuestionario EORTC QLQ-C30 para medir la calidad de vida relacionada con el cáncer.

Resultados: Pre-intervención, las pacientes presentaron puntuaciones medias de función física y emocional de $52,3 \pm$

$14,7$ y $45,6 \pm 16,2$ respectivamente, con una alta carga sintomática de fatiga ($67,1 \pm 18,0$). Tras la intervención, se observaron mejoras significativas en función física ($68,4 \pm 12,5$; $p = 0,003$), función emocional ($62,5 \pm 14,9$; $p = 0,008$) y calidad de vida global (de $48,2 \pm 20,5$ a $66,9 \pm 18,1$; $p = 0,002$), así como una reducción significativa de la fatiga ($51,7 \pm 17,4$; $p = 0,015$). De igual modo, se evidenciaron aumentos significativos en apetito ($p = 0,010$) y adaptación al tratamiento ($p = 0,005$).

Conclusiones: El plan de intervención demostró ser viable y efectivo para mejorar la calidad de vida de las pacientes en consulta externa. Se recomienda su incorporación dentro del modelo institucional de atención oncológica.

PALABRAS CLAVE (DECS)

Rehabilitación, Salud de la Mujer, Instituciones Oncológicas, Dietoterapia, Emoción Expresada.

ABSTRACT

Introduction: Breast cancer remains one of the most prevalent malignancies among women and a leading cause of cancer-related mortality in Honduras. Beyond medical treatment, patients' quality of life is significantly impacted in physical, emotional, social, and nutritional domains—areas often overlooked in outpatient care.

Objectives: To implement and evaluate the effectiveness of a comprehensive intervention plan aimed at improving the

Correspondencia:
Marcio Omar Madrid Alvarado
marcio.madrid@unah.edu.hn

quality of life of women diagnosed with breast cancer attending outpatient oncology services at Hospital San Felipe in Tegucigalpa, Honduras.

Material and Methods: A quasi-experimental pre-post study without a control group was conducted. The population consisted of 31 patients diagnosed with breast cancer. The intervention included nutritional assessment and counseling, physical activity recommendations, psychological support, and clinical follow-up. The EORTC QLQ-C30 questionnaire was administered to measure cancer-related quality of life.

Results: Pre-intervention, patients had mean physical and emotional functioning scores of 52.3 ± 14.7 and 45.6 ± 16.2 , respectively, with a high symptom burden of fatigue (67.1 ± 18.0). After the intervention, significant improvements were observed in physical functioning (68.4 ± 12.5 ; $p = 0.003$), emotional functioning (62.5 ± 14.9 ; $p = 0.008$), and global quality of life (from 48.2 ± 20.5 to 66.9 ± 18.1 ; $p = 0.002$), as well as a significant reduction in fatigue (51.7 ± 17.4 ; $p = 0.015$). Likewise, significant increases were seen in appetite ($p = 0.010$) and treatment adaptation ($p = 0.005$).

Conclusions: The intervention plan proved feasible and effective in improving quality of life for outpatient breast cancer patients. Institutional adoption of this model is recommended to strengthen holistic oncology care in similar settings.

KEY WORDS

Rehabilitation, Women's Health, Cancer Care Facilities, Diet Therapy, Expressed Emotion.

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es una de las neoplasias más prevalentes entre las mujeres a nivel mundial y una de las principales causas de mortalidad por cáncer en esta población. En América Latina, la incidencia y mortalidad en mujeres jóvenes son significativamente más altas que en países desarrollados, con un 20 % de incidencia y un 14 % de mortalidad en mujeres menores de 44 años^{1,2}. Se proyecta que esta tendencia continuará en ascenso, representando un desafío creciente para los sistemas de salud de la región^{3,4}. Aunque en países desarrollados la tasa de supervivencia a cinco años alcanza el 90 % para todos los estadios combinados, las desigualdades en diagnóstico oportuno y tratamiento especializado siguen marcando diferencias profundas en los resultados clínicos^{5,6}.

En Honduras, el cáncer de mama representa la segunda causa de morbilidad oncológica entre mujeres, con una prevalencia a cinco años del 63,97 % y una tendencia ascendente en la mortalidad, que ocupa el cuarto lugar como causa de muerte por cáncer. Los retrasos en el diagnóstico y tratamiento son significativos: el intervalo promedio desde la apa-

rición de síntomas hasta el diagnóstico es de 153 días, y desde el diagnóstico hasta el inicio del tratamiento es de 139 días, superando ampliamente la recomendación internacional de menos de 60 días establecida por la Breast Health Global Initiative. Como consecuencia, la mayoría de las pacientes son diagnosticadas en etapas clínicas avanzadas (estadios III y IV), lo que impacta negativamente en la supervivencia y contribuye a la alta mortalidad observada en el país⁷. Esta situación se agrava por las limitaciones estructurales del sistema de salud, la detección tardía, y las desigualdades en el acceso a servicios especializados⁸. En el Hospital San Felipe, centro de referencia nacional, estudios previos han evidenciado que la población afectada presenta condiciones de vulnerabilidad socioeconómica que impactan negativamente su calidad de vida⁷.

La calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en pacientes con cáncer de mama se ve afectada por múltiples factores físicos, emocionales, sociales y nutricionales. Investigaciones recientes destacan que el afrontamiento, el apoyo emocional, la intervención nutricional y la actividad física pueden atenuar el impacto negativo del diagnóstico y del tratamiento oncológico^{9,10}. A pesar de ello, en la práctica clínica ambulatoria, estos aspectos siguen siendo poco abordados desde un enfoque integral⁹.

Diversos estudios han demostrado que el estado nutricional constituye un determinante esencial de la calidad de vida en pacientes oncológicos. Cacao et al.¹¹ describieron cómo las concentraciones dietéticas de micronutrientes antioxidantes se relacionan con hallazgos mamográficos, mientras que Silva Medeiros et al.¹² reportaron un consumo inadecuado de calorías y nutrientes antioxidantes en sobrevivientes de cáncer. Además, Cárdenas Plúas et al.¹³ hallaron que, en adultos mayores con cáncer de estómago, un mejor estado nutricional se asocia con puntuaciones significativamente superiores en las escalas de funcionamiento físico y emocional.

Un estudio realizado en Brasil identificó una relación entre los patrones dietéticos y los hallazgos mamográficos, observando que una menor adherencia al patrón alimentario tradicional ("arroz, frijoles, carnes rojas, aceites") se asoció con menores probabilidades de presentar alteraciones mamográficas¹⁴. Este hallazgo refuerza la importancia de considerar la dieta como factor relevante en la evaluación integral de mujeres con riesgo oncológico o en tratamiento.

En este contexto, se plantea la necesidad de implementar intervenciones que integren la atención clínica con componentes educativos, nutricionales y psicosociales¹⁵⁻¹⁷. El presente estudio se propuso aplicar y evaluar un plan de intervención diseñado para mejorar la calidad de vida en pacientes con diagnóstico de cáncer de mama atendidas en la consulta externa de oncología del Hospital San Felipe, Tegucigalpa, Honduras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental pre-post sin grupo control, diseñado para evaluar el impacto de un plan de intervención integral sobre la calidad de vida en 31 pacientes con diagnóstico confirmado de cáncer de mama (muestreo por conveniencia, reconocida como limitación en términos de representatividad). El periodo de inclusión fue de noviembre de 2021 a enero de 2022; cada paciente recibió una sesión individual de evaluación nutricional y consejería (60 min), recomendaciones sobre actividad física y atención psicológica, seguida de seguimiento clínico semanal durante 4 semanas. El EORTC QLQ-C30 se aplicó pre-intervención (al ingreso) y post-intervención (a los 30 ± 7 días) para medir la calidad de vida relacionada con el cáncer. Para comparar las puntuaciones antes y después se verificó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk; los dominios con distribución normal se analizaron mediante t de Student para muestras pareadas y, en caso contrario, con la prueba de Wilcoxon de rangos con signo, estableciendo un nivel de significación de $p < 0,05$.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por 31 pacientes con diagnóstico histopatológico confirmado de cáncer de mama, atendidas en la consulta externa del Servicio de Oncología del Hospital San Felipe entre noviembre de 2021 y enero de 2022. Se seleccionó la totalidad de la muestra mediante muestreo por conveniencia, reconociendo esta estrategia como una limitación para la representatividad. Los criterios de inclusión fueron: diagnóstico de cáncer de mama en los 12 meses previos, voluntad de participar y asistencia regular al servicio ambulatorio durante el periodo de estudio. Se excluyeron aquellas pacientes con cáncer de mama localmente avanzado, antecedentes de otras neoplasias, enfermedades crónicas graves, dificultades cognitivas o de comprensión del estudio, o que no firmaran el consentimiento informado. Asimismo, se excluyeron los casos masculinos (≈ 1 % de incidencia) debido a su baja representatividad estadística. Este enfoque permitió una aproximación práctica y contextualizada, facilitando la aplicación del protocolo de intervención y la recolección de datos en condiciones reales de atención.

Intervención

La intervención se diseñó con un enfoque integral y adaptado al contexto local para las 31 pacientes con diagnóstico de cáncer de mama, y se aplicó en una única sesión individual de 60 minutos. Durante esta sesión se realizó una evaluación y consejería nutricional personalizada, ajustada al estado clínico y a las necesidades dietéticas de cada paciente; se brindaron recomendaciones de actividad física individualizadas para mejorar la funcionalidad y reducir la fatiga asociada al

tratamiento oncológico; se ofreció atención clínica continua en modalidad de consulta externa, complementada con seguimiento telefónico semanal durante cuatro semanas; y se incluyó apoyo psicológico orientado a fortalecer el afrontamiento emocional, disminuir la ansiedad y facilitar la adaptación al proceso de enfermedad. Todas las pacientes recibieron la misma intensidad y contenido de la intervención, sin variabilidad en el número de sesiones, lo que permitió combinar el abordaje biomédico con acciones psicosociales y educativas en el entorno real de atención del Hospital San Felipe, respondiendo así a las limitaciones estructurales y sociales del sistema sanitario hondureño.

Instrumentos de medición

La calidad de vida fue evaluada mediante el cuestionario EORTC QLQ-C30, desarrollado por la European Organization for Research and Treatment of Cancer¹⁸, en su versión validada en español. Este instrumento mide dimensiones funcionales, síntomas físicos y percepción global de salud. Además, se empleó el módulo específico EORTC QLQ-BR23^{19,20}, enfocado en síntomas y aspectos funcionales relacionados directamente con el cáncer de mama.

Análisis estadístico

Los datos se registraron en una base construida en Microsoft Excel 2019 y se sometieron a análisis descriptivo y comparativo. En el análisis univariado, las variables cualitativas se presentaron como frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las cuantitativas se resumieron mediante media y desviación estándar.

Para determinar el impacto de la intervención sobre la calidad de vida, se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas, comparando los puntajes pre- y post-intervención. Se adoptó un nivel de significación de $p < 0,05$. Este enfoque permitió cuantificar diferencias estadísticamente significativas en los dominios funcionales y sintomáticos, así como estimar el efecto clínico de la intervención en el bienestar percibido por las pacientes.

La evaluación de la normalidad de los datos de calidad de vida se realizó con la prueba de Shapiro-Wilk en MedCalc 19.7.1, obteniéndose $W = 0,9326$ ($p = 0,0996$), lo que no rechazó la hipótesis de distribución normal y validó el uso de procedimientos paramétricos para el análisis estadístico.

Consideraciones éticas

El estudio cumplió con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y las normativas nacionales vigentes en materia de investigación con seres humanos. Se obtuvo la aprobación del comité de ética del Hospital General San Felipe, así como la autorización institucional correspondiente para el desarrollo del estudio en sus instalaciones. Todas las pacientes fueron informadas sobre los objetivos, al-

cances y procedimientos del estudio, y se les garantizó el derecho a decidir libremente su participación. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada participante antes de la inclusión en la muestra. La confidencialidad y anonimato de la información fueron resguardados durante todo el proceso de recolección, análisis y presentación de resultados. La participación fue voluntaria y no se otorgaron incentivos económicos, asegurando que no existiera coacción o presión para formar parte del estudio.

RESULTADOS

La muestra final estuvo compuesta por 31 mujeres diagnosticadas con cáncer de mama, atendidas en la consulta externa de oncología del Hospital San Felipe. La edad promedio fue de 46,8 años. La mayoría de las pacientes eran solteras (51,6 %), desempleadas (42,9 %) y con nivel educativo primario (38,7 %), reflejando condiciones de vulnerabilidad social.

En cuanto a la clasificación clínica, la mayor proporción de pacientes fue diagnosticada en estadio II (41,9 %), seguida por estadio III (35,4 %). Solo un 6,4 % fue identificado en estadio I, lo cual confirma el diagnóstico mayoritario en fases avanzadas (Tabla 1).

El análisis de la escala de Calidad de Vida Global (GHS; $n = 31$) arrojó una media de 63,0 (IC 95 %: 51,29–74,71), mediana de 66,67 (IC 95 %: 50,00–83,33) y desviación estándar de 28,37. El coeficiente de asimetría fue $-0,42$ ($p = 0,3419$) y el de curtosis $-0,76$ ($p = 0,3478$). La prueba de Shapiro-Wilk

no rechazó la normalidad de la distribución ($W = 0,9326$; $p = 0,0996$), lo cual valida el uso de la t de Student para muestras pareadas en las comparaciones pre-post intervención. Este respaldo estadístico sustenta la significación de las mejoras observadas, por ejemplo, el incremento de la calidad de vida global de $48,2 \pm 20,5$ a $66,9 \pm 18,1$ ($p = 0,002$).

Pre-intervención, las pacientes presentaron afectaciones significativas en el cuestionario EORTC QLQ-C30: función física $52,3 \pm 14,7$; función emocional $45,6 \pm 16,2$; fatiga $67,1 \pm 18,0$; y baja percepción de calidad de vida global ($48,2 \pm 20,5$) (Tabla 2). Tras la intervención, la función física aumentó a $68,4 \pm 12,5$ ($p = 0,003$), la emocional a $62,5 \pm 14,9$ ($p = 0,008$) y la calidad de vida global a $66,9 \pm 18,1$ ($p = 0,002$). Asimismo, la fatiga se redujo a $51,7 \pm 17,4$ ($p = 0,015$), con mejoras también en apetito (de $58,4 \pm 20,1$ a $70,2 \pm 18,5$; $p = 0,010$) y adaptación al tratamiento (de $50,7 \pm 17,8$ a $64,3 \pm 16,2$; $p = 0,005$).

En la Figura 1 se evidencia el aumento en la percepción de calidad de vida global.

Todas las mejoras observadas alcanzaron significación estadística (prueba t de Student para muestras relacionadas; $p < 0,05$), lo que demuestra un efecto positivo de la intervención. En cuanto a los hábitos alimentarios ($n = 31$), se registró un alto consumo de productos calóricos y grasos: el 68,97 % de las pacientes informó ingesta diaria de azúcar; el 85,71 % empleaba aceite para cocinar; el 34,48 % consumía aguacate a diario; el 44,83 % comía comida rápida de forma mensual y el 31,03 % lo hacía raramente.

La dimensión de dificultades financieras presentó una puntuación media de $61,3 \pm 21,4$ antes de la intervención y de $54,8 \pm 19,7$ después ($p = 0,040$), lo que indica una reducción significativa de la carga económica asociada al tratamiento. Este hallazgo resalta el peso económico del tratamiento en pacientes con cáncer de mama, lo cual influye directamente en su calidad de vida, incluso más que síntomas físicos como fatiga o dolor.

Se realizó un análisis comparativo de las puntuaciones del cuestionario EORTC QLQ-C30 entre pacientes con y sin obesidad. Se encontraron diferencias estadísticamente significati-

Tabla 1. Distribución por estadio clínico de las pacientes

Estadio clínico	N (%)
I	2 (6,4 %)
II	13 (41,9 %)
III	11 (35,4 %)
IV	5 (16,1 %)

Tabla 2. Comparación de resultados del cuestionario EORTC QLQ-C30 antes y después de la intervención

Dimensión	Antes de la intervención (media $\pm$ DE)	Después de la intervención (media $\pm$ DE)	Δ (post – pre)	p-valor
Función física	$52,3 \pm 14,7$	$68,4 \pm 12,5$	+16,1	0,003
Función emocional	$45,6 \pm 16,2$	$62,5 \pm 14,9$	+16,9	0,008
Fatiga	$67,1 \pm 18,0$	$51,7 \pm 17,4$	-15,4	0,015
Calidad de vida global	$48,2 \pm 20,5$	$66,9 \pm 18,1$	+18,7	0,002

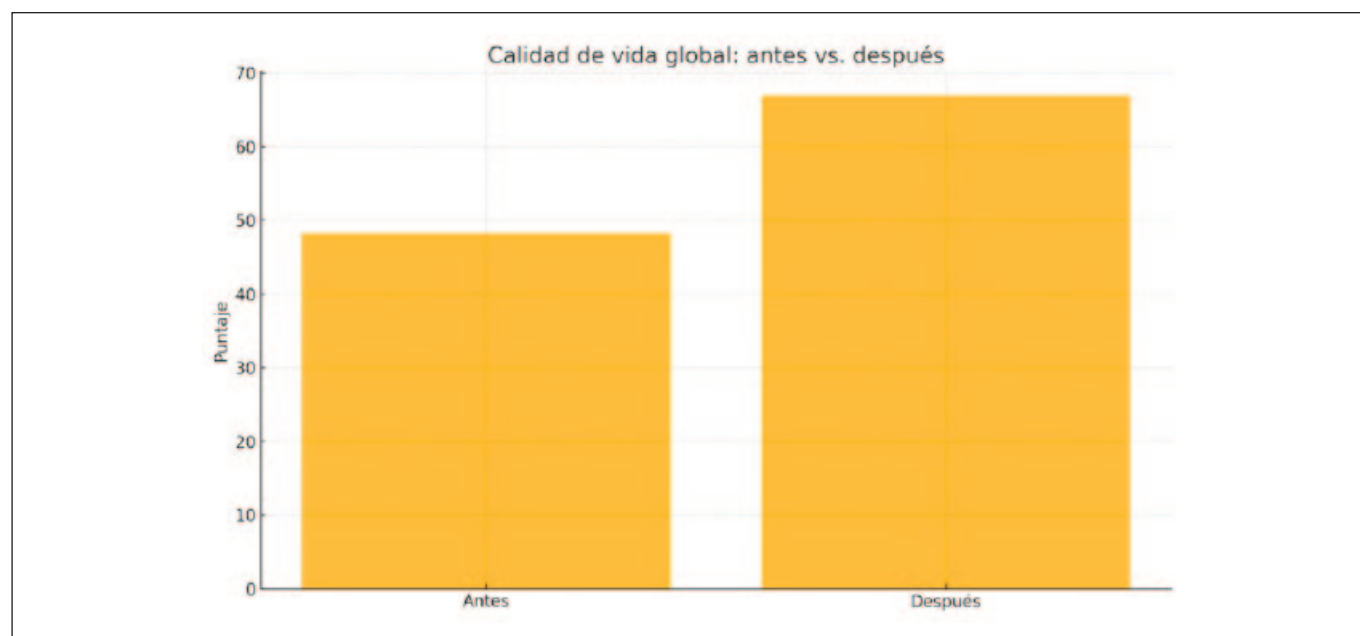


Figura 1. Comparación de la calidad de vida global antes y después de la intervención

vas en las escalas de función física, función emocional y fatiga, siendo las pacientes con obesidad quienes reportaron puntuaciones más bajas en estas dimensiones ($p < 0,05$).

En el módulo específico QLQ-BR23, se identificaron afectaciones en imagen corporal y síntomas relacionados con el tratamiento hormonal. La función del brazo presentó limitaciones en actividades cotidianas y algunas pacientes reportaron dificultades en la función sexual. Estos hallazgos complementan la evaluación integral de la calidad de vida, mostrando áreas específicas que requieren atención personalizada.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que las pacientes con diagnóstico de cáncer de mama atendidas en consulta externa presentan una afectación significativa en su calidad de vida, especialmente en dimensiones como función física, emocional y percepción del estado general de salud. Estas afectaciones iniciales coinciden con los hallazgos de investigaciones previas realizadas en contextos similares en América Latina, donde se ha documentado que el impacto emocional y funcional del cáncer es mayor en pacientes con diagnóstico reciente y en situación de vulnerabilidad socioeconómica²¹.

Tras la intervención integral implementada, se observó una mejoría significativa en las dimensiones evaluadas del cuestionario EORTC QLQ-C30, lo que demuestra que un abordaje multidimensional que incluya nutrición, actividad física, atención clínica continua y apoyo emocional puede mejorar la percepción de bienestar en pacientes oncológicas. Este enfoque es respaldado por estudios que reportan mejoras similares en

calidad de vida tras intervenciones estructuradas con componentes psicoeducativos y físicos^{22,23}.

El componente nutricional fue especialmente relevante. Las pacientes presentaban patrones de alimentación caracterizados por un alto consumo de azúcar, aceites y bajo consumo regular de frutas y vegetales, lo que se alinea con estudios en poblaciones de mujeres con cáncer de mama en otros países latinoamericanos, donde se ha reportado una relación entre dieta alta en grasas y menor calidad de vida percibida^{14,24}. La educación alimentaria proporcionada permitió identificar estos patrones y promover cambios realistas y culturalmente apropiados.

Uno de los hallazgos más significativos fue la disminución de la fatiga, uno de los síntomas más limitantes reportados en este tipo de pacientes. Esto refuerza la evidencia que respalda el beneficio de la actividad física adaptada durante el tratamiento oncológico. Programas similares han demostrado que el ejercicio moderado mejora la funcionalidad, reduce el cansancio y tiene un impacto positivo en el estado de ánimo y la autoestima^{25,26}.

El módulo específico EORTC QLQ-BR23 evidenció afectaciones en imagen corporal, función del brazo y sintomatología sexual, elementos frecuentemente invisibilizados en la atención clínica rutinaria. Estos aspectos son fundamentales en la vivencia de la enfermedad y su abordaje adecuado puede marcar una diferencia importante en la adaptación psicosocial. Investigaciones cualitativas han demostrado que el deterioro de la imagen corporal afecta directamente la percepción de feminidad y autoestima en mujeres con cáncer de mama²⁷⁻²⁹.

Adicionalmente, la dimensión de dificultad financiera fue una de las más afectadas, lo que coincide con la literatura que describe el impacto económico del tratamiento oncológico como un factor que agrava el estrés emocional, especialmente en pacientes sin protección social o empleos formales³⁰. Esto subraya la necesidad de incluir a trabajadores sociales y asesoría financiera como parte del equipo interdisciplinario.

El análisis comparativo entre pacientes con y sin obesidad mostró diferencias significativas en calidad de vida, siendo las pacientes con obesidad quienes reportaron mayores afectaciones. Este dato es coherente con estudios que relacionan el exceso de peso con mayor inflamación sistémica, fatiga persistente y peor respuesta al tratamiento³¹. Además, la obesidad se ha asociado con mayor riesgo de recurrencia y menor supervivencia en cáncer de mama³².

Es importante destacar que muchas de las pacientes fueron diagnosticadas en estadios avanzados (III y IV), lo que limita las opciones terapéuticas y afecta directamente la calidad de vida. Este patrón de diagnóstico tardío ha sido identificado como un problema estructural en múltiples países de la región, debido a barreras en el acceso, desconocimiento de síntomas y ausencia de programas efectivos de detección temprana³³.

La implementación de este tipo de intervenciones en un contexto hospitalario público demuestra su viabilidad y potencial replicabilidad. La integración de estudiantes de nutrición como parte del equipo facilitó la ejecución y demuestra el valor de involucrar a futuros profesionales de salud en estrategias preventivas y de cuidado continuo. Además, el uso de herramientas validadas como los cuestionarios EORTC permitió obtener una evaluación objetiva y comparable internacionalmente.

En resumen, los resultados de este estudio reafirman la necesidad de una atención oncológica que vaya más allá del tratamiento médico y que considere a la persona en su totalidad. Abordar las dimensiones físicas, emocionales, sociales y económicas del cáncer de mama mejora la experiencia del tratamiento, fortalece el afrontamiento y promueve una recuperación más digna. Se recomienda institucionalizar este tipo de intervenciones y continuar evaluando su impacto a largo plazo.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio evidencian que la implementación de un plan de intervención integral en pacientes con cáncer de mama, centrado en la educación nutricional, el acompañamiento clínico y el apoyo emocional, puede mejorar significativamente la calidad de vida en el contexto ambulatorio. Se observaron mejoras sustanciales en la percepción del estado de salud general, la funcionalidad física y emocional, y una reducción de síntomas como la fatiga.

Además, se identificaron factores específicos que influyen negativamente en el bienestar de estas pacientes, como la obesidad, el consumo habitual de alimentos calóricos y procesados, y las dificultades financieras. La atención a estos elementos mediante estrategias personalizadas y adaptadas al entorno local permitió una respuesta positiva por parte de las participantes.

Se recomienda continuar con el desarrollo y validación de este tipo de intervenciones en entornos hospitalarios similares, así como diseñar estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto sostenido a largo plazo. Integrar este enfoque al modelo institucional de atención oncológica puede contribuir a una atención más humana, efectiva y centrada en la persona.

BIBLIOGRAFIA

1. Justo N, Wilking N, Jönsson B, Luciani S, Cazap E. A review of breast cancer care and outcomes in Latin America. *Oncologist*. 2013;18(3): 248-56.
2. Villarreal-Garza C, Aguila C, Magallanes-Hoyos MC, Mohar A, Bargalló E, Meneses A, et al. Breast cancer in young women in Latin America: an unmet, growing burden. *Oncologist*. 2013; 18(12): 26-34.
3. Cazap E. Breast cancer in Latin America: a map of the disease in the region. *ASCO Educ Book*. 2018;(38): 451-456.
4. Pinto JA, Pinillos L, Villarreal-Garza C, Morante Z, Villarán MV, Mejía G, et al. Barriers in Latin America for the management of locally advanced breast cancer. *Ecancermedicalscience*. 2019;13:897.
5. Wu B, Li Y, Shi B, Zhang X, Lai Y, Cui F, et al. Temporal trends of breast cancer burden in the Western Pacific Region from 1990 to 2044: implications from the Global Burden of Disease Study 2019. *J Adv Res*. 2024;59: 189-199.
6. Azamjah N, Soltan-Zadeh Y, Zayeri F. Global trend of breast cancer mortality rate: a 25-year study. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2019;20(7): 2015-2020.
7. Romero MG, Garay IC. Años de Vida Potencialmente Perdidos por Cáncer de Mama. Hospital San Felipe de Tegucigalpa, Honduras, 2015. Poblacion Desarrollo - Argonautas caminantes [Internet]. 30 de enero de 2017 [citado 17 de julio de 2025];12:67-78.
8. Trapani D, Ginsburg O, Fadelu T, Lin NU, Hassett M, Ilbawi AM, et al. Global challenges and policy solutions in breast cancer control. *Cancer Treat Rev*. 2022;104:1-7.
9. Knorst JK, Sfreddo CS, Meira GF, Zanatta FB, Vettore MV, Ardenghi TM. Socioeconomic status and oral health-related quality of life: a systematic review and meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2021;49(1): 95-102.
10. Kim JH, Park EC. Impact of socioeconomic status and subjective social class on overall and health-related quality of life. *BMC Public Health*. 2015;15(1):783.
11. Cacao LT, Sampaio HAC, Carioca AAF, Pinheiro LGP, Rocha DC, Bezerra IN, et al. Dietary concentrations of antioxidant micronut-

- rients and association with mammographic findings. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2019;39(3):14–21.
12. Medeiros TS, Lima LB, da Costa SL, Pinheiro DD, Carneiro PCPD, Verde SMM-L. Cancer survivors have incorrect consumption of calories and antioxidant nutrients. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2021; 41(3):36–40.
 13. Cárdenas Plúas GY, Sánchez Mata ME, Domínguez Brito LD. Influence of nutritional status on the quality of life of older adults with stomach cancer at the Dr Abel Gilber Potón Hospital of Guayaquil. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2024;44(1):143–155.
 14. Cacao LT, de Carvalho Sampaio HAC, Carioca AAF, Bezerra IN, Rocha DC, de Rezende Ferreira Mendes AL, et al. Association between dietary patterns and altered mammographic findings. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2022;42(1): 41–49.
 15. Hwang KS, Lee KH, Yang CM, Lee HJ, Lee SY. Effects of psychosocial interventions for patients with breast cancer: a meta-analysis. *Clin Psychopharmacol Neurosci.* 2023;21(1): 118–125.
 16. Liao MN, Chen SC, Lin YC, Chen MF, Wang CH, Jane SW. Education and psychological support meet the supportive care needs of Taiwanese women three months after surgery for newly diagnosed breast cancer: a non-randomised quasi-experimental study. *Int J Nurs Stud.* 2014;51(3): 390–399.
 17. Matsuda A, Yamaoka K, Tango T, Matsuda T, Nishimoto H. Effectiveness of psychoeducational support on quality of life in early-stage breast cancer patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Qual Life Res.* 2014;23: 21–30.
 18. Fayers P, Bottomley A; EORTC Quality of Life Group; Quality of Life Unit. Quality of life research within the EORTC-the EORTC QLQ-C30. European Organisation for Research and Treatment of Cancer. *Eur J Cancer.* 2002;38 Suppl 4:S125-S133.
 19. Karsten MM, Roehle R, Albers S, Pross T, Hage AM, Weiler K, et al. Real-world reference scores for EORTC QLQ-C30 and QLQ-BR23 in early breast cancer patients. *Eur J Cancer.* 2022;163: 128–139.
 20. Xia J, Tang Z, Wu P, Wang J, Yu J. Use of item response theory to develop a shortened version of the EORTC QLQ-BR23 scales. *Sci Rep.* 2019;9(1): 1764.
 21. Gonzalez L, Bardach A, Palacios A, Peckaitis C, Ciapponi A, Pichón-Rivière A, et al. Health-related quality of life in patients with breast cancer in Latin America and the Caribbean: a systematic review and meta-analysis. *Oncologist.* 2021;26(5): e794–e806.
 22. Speck RM, Courneya KS, Massé LC, Duval S, Schmitz KH. An update of controlled physical activity trials in cancer survivors: a systematic review and meta-analysis. *J Cancer Surviv.* 2010;4(2): 87–100.
 23. Pinto BM, Trunzo JJ. Health behaviors during and after a cancer diagnosis. In: *Cancer.* 2005. p. 2614–2623.
 24. Bu Y, Qu J, Ji S, Zhou J, Xue M, Qu J, et al. Dietary patterns and breast cancer risk, prognosis, and quality of life: a systematic review. *Front Nutr.* 2023;9: 1057057.
 25. Santos-Olmo PA, Jiménez-Díaz JF, Rioja-Collado N. Effect of a short-duration exercise program on physical fitness and quality of life in rural breast cancer survivors: a pilot study. *RICYDE Rev Int Cienc Dep.* 2019;15(56): 171–186.
 26. Battaglini CL, Mills RC, Phillips BL, Lee JT, Story CE, Nascimento MGB, et al. Twenty-five years of research on the effects of exercise training in breast cancer survivors: a systematic review of the literature. *World J Clin Oncol.* 2014;5(2): 177–190.
 27. Thornton M, Lewis-Smith H. "I listen to my body now": a qualitative exploration of positive body image in breast cancer survivors. *Psychol Health.* 2023;38(2): 249–268.
 28. Luo Z, Chen C, Xu W, Wang P, Wang Y. A qualitative study on the experience of empowerment from the perspectives of breast cancer survivors. *Nurs Open.* 2021;8(5): 2429–2438.
 29. Dsouza SM, Vyas N, Narayanan P, Parsekar SS, Gore M, Sharan K. A qualitative study on experiences and needs of breast cancer survivors in Karnataka, India. *Clin Epidemiol Glob Health.* 2018; 6(2):69–74.
 30. Thana K, Lehto R, Sikorskii A, Wyatt G. Informal caregiver burden for solid tumour cancer patients: a review and future directions. *Psychol Health.* 2021;36(12): 1514–1535..
 31. Sparano JA, Wang M, Zhao F, Stearns V, Martino S, Ligibel JA, et al. Obesity at diagnosis is associated with inferior outcomes in hormone receptor-positive operable breast cancer. *Cancer.* 2012; 118(23): 5937–5946.
 32. Chan DSM, Vieira AR, Aune D, Bandera EV, Greenwood DC, McTiernan A, et al. Body mass index and survival in women with breast cancer—a systematic literature review and meta-analysis of 82 follow-up studies. *Ann Oncol.* 2014;25: 1901–1914.
 33. Unger-Saldaña K. Challenges to the early diagnosis and treatment of breast cancer in developing countries. *World J Clin Oncol.* 2014;5: 465–477.

Household food security, galactagogue food consumption, and perceived breast milk sufficiency among breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi regency, Central Sulawesi: a mixed-methods study

Hepti MULIYATI^{1,5}, Katrin ROOSITA², Sri Anna MARLIYATI², I Wayan Gede ARTAWAN EKA PUTRA³, Rachmalina SOERACHMAN⁴

¹ Postgraduate in Nutrition Science, Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia.

² Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia.

³ Department of Public Health and Preventive Medicine, Faculty of Medicine, Udayana University, Bali, Indonesia.

⁴ Research Center for Public Health, BRIN, Jawa Barat, Indonesia.

⁵ Department of Nutrition, Faculty of Health Sciences, Universitas Widya Nusantara, Palu, Indonesia.

Recibido: 21/mayo/2025. Aceptado: 21/julio/2025.

ABSTRACT

Low exclusive breastfeeding rates are influenced by multiple factors, including household food insecurity and inadequate maternal nutrient intake. This study aimed to examine the association between household food security, consumption habits of galactagogue foods, and perceived breast milk sufficiency among breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency, Central Sulawesi. A mixed-methods cross-sectional design was employed from February to May 2024. Qualitative data were collected through observation ($n = 5$), in-depth interviews ($n = 10$, including the observed mothers), and focus group discussions (FGDs) with 36 additional informants, including village leaders, midwives, health cadres, religious/community leaders, traditional leaders, and traditional birth attendants—yielding a total of 46 qualitative participants selected via purposive sampling. Quantitative data were gathered from 337 breastfeeding mothers using multistage random sampling. Findings revealed that most Kaili breastfeeding mothers frequently consumed galactagogue foods such as bavoia (*Cleome gynandra* L.), pumpkin leaves, sweet potato leaves, and banana blossom in sufficient amounts. Chi-square tests

indicated a significant association ($p < 0.001$) between household food security, as measured by the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS), and perceived breast milk sufficiency. Additionally, the quantity of galactagogue food consumption was significantly associated with perceived breastmilk sufficiency ($p < 0.001$). The consumption of galactagogue foods among Kaili breastfeeding mothers appears to support their perceived adequacy of breast milk and should be promoted as part of strategies to enhance exclusive breastfeeding practices.

KEYWORDS

Breastfeeding mothers, *Cleome gynandra*, galactagogue foods, household food security.

ABBREVIATIONS

FGD: Focus Group Discussion.

HFIAS: Household Food Insecurity Access Scale.

SQ-FFQ: Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire.

INTRODUCTION

Breastfeeding is one of the most effective strategies to improve infant and child health, development, and survival. Beyond its immediate nutritional benefits, breastfeeding is associated with enhanced cognitive development, improved educational attainment, greater productivity, and higher income

Correspondencia:

Katrin Roosita
kroosita2@apps.ipb.ac.id

in adulthood^{1,2}. Despite its well-documented advantages, only 48% of infants aged 0–5 months worldwide are exclusively breastfed. Regional disparities exist, with South Asia reporting the highest prevalence (over 60%), while in North America, exclusive breastfeeding rates are as low as 26%³. Meanwhile, in Indonesia, 68.6% of infants under six months were exclusively breastfed in 2023, while in Central Sulawesi, the rate was slightly lower at 62.1%⁴.

Several factors contribute to suboptimal breastfeeding practices, including low maternal education, parity, perceived insufficient milk, infant–mother separation, maternal discomfort, returning to work, and personal choice⁵. Additionally, household food insecurity is increasingly recognized as a significant barrier to exclusive breastfeeding. Mothers facing food insecurity may discontinue breastfeeding early due to perceived insufficient milk supply or concerns about their nutritional status^{6,7}.

The consumption of certain foods, known as galactagogues, in many Asian cultures, is traditionally believed to support lactation. For instance, mothers in Hong Kong consume papaya, eggs, chicken, ginger, and fish soup; in Thailand, banana blossom soup and spicy vegetable soup (kaeng liang); in the Philippines, moringa soup (*Moringa oleifera*); in China, crucian carp soup; and in Indonesia, Batakese mothers consume tor-bangun (*Coleus ambonicus* Lour.), while Sundanese mothers use galohgor, a traditional formulation made from 56 plant species^{8–12}.

Despite these widespread traditional practices, no previous study has explored the relationship between household food security, galactagogue food consumption, and perceptions of breast milk sufficiency among mothers of the Kaili tribe, an indigenous ethnic group from Central Sulawesi, primarily residing in the Palu Valley. Therefore, this study aimed to assess the association between household food security and galactagogue consumption habits with perceived breast milk sufficiency among breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency, Central Sulawesi.

METHODES

Design dan Participants

An exploratory sequential mixed-methods study design was employed to investigate traditional practices related to galactagogue consumption among breastfeeding mothers of the Kaili tribe. This approach was chosen to allow in-depth qualitative exploration, which informed the development of culturally relevant quantitative instruments. The study was conducted from February to May 2024 in Sigi Regency, Central Sulawesi.

Qualitative data were collected through observation of five breastfeeding mothers (25–30 minutes per session); In-depth interviews with ten breastfeeding mothers (including

the five observed mothers; 30–45 minutes per interview); and focus group discussions (FGDs) with 36 additional informants (lasting approximately 45–60 minutes per session). The FGDs informants included village leaders, village midwives, health cadres, religious/community leaders, traditional leaders, and traditional birth attendants, providing a broad perspective on local breastfeeding practices. In total, 46 participants were involved in the qualitative phase. Informants were selected using purposive sampling, with attention to community knowledge and involvement in maternal and child health.

Quantitative data were collected from 337 households of breastfeeding mothers. The sample size was determined using the following formula¹³:

$$n \geq \frac{Z\alpha^2 PQ}{d^2}$$

$$n \geq \frac{1,96^2 \times 0,677 \times 0,323}{0,05^2}$$

$$n \geq 336,02 \approx 337$$

where: n = minimum required sample size; Z = 1.96 (for 95% confidence interval); P = 67.7% (proportion of infants receiving exclusive breastfeeding in Sigi District, 2022); Q = 32.3% (proportion of infants not receiving exclusive breastfeeding in Sigi District, 2022); d = relative precision of 5%). A multistage random sampling approach was used for the quantitative phase of this study, involving a three-stage selection process. Stage 1 to select sub-districts: the stratified random sampling was conducted by categorizing all sub-districts in Sigi Regency into two strata based on topography: highland and lowland areas. A list of sub-districts was compiled for each stratum. From each stratum, four sub-districts were selected using simple random sampling, aided by a random number generator, resulting in a total of eight sub-districts. Stage 2 to select the villages: within each selected sub-district, villages were further stratified into rural and urban categories. Two villages from each stratum were randomly selected using simple random sampling assisted by a random number generator. This resulted in a total of 32 villages. Stage 3 to select respondents from each village: all eligible breastfeeding mothers residing in the selected villages were invited to participate. The inclusion criteria were mothers currently breastfeeding infants aged less than 6 months, Kaili tribe households, and residency in Sigi Regency confirmed by an official ID card or domicile certificate. The exclusion criteria included mothers who had delivered preterm or whose infants required neonatal intensive care, mothers with twins, mothers currently on an active weight-reduction diet, and mothers with clinically significant renal, hepatic, endocrine, cardiac, pulmonary, pancreatic, neurologic, hematologic, or biliary disorders, as identified through self-reported medical history.

Data Collection

Qualitative data were collected to explore galactagogues food consumption—including the types, amounts, and frequency of foods consumed—as well as perceptions of breast milk sufficiency. Quantitative data collection encompassed the following components: sociodemographic characteristics of breastfeeding mothers were collected using a structured questionnaire; energy and nutrient intake was assessed using a 2 × 24-hour food recall method to capture dietary variability and estimate average intake; and household food security was measured using two validated tools. The Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) to assess perceived physical access to food (availability dimension) whilst the Maxwell method to assess economic access, including household food expenditure levels and energy consumption per adult equivalent unit. Galactagogues food consumption were assessed using a Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire (SQ-FFQ) tailored to include culturally relevant galactagogue foods identified during the qualitative phase. Perceived breast milk sufficiency was measured using a validated questionnaire, which demonstrated strong internal consistency with composite reliability values > 0.7 for all constructs. All quantitative data were collected through face-to-face interviews conducted by trained enumerators.

Qualitative data were analyzed through triangulation of information obtained from observations, in-depth interviews, and focus group discussions (FGDs). Data in the form of audio and video recordings were transcribed verbatim and then systematically coded and categorized thematically using NVivo 12 software.

The HFIAS consists of nine question items, each scored on a 0–3 scale i.e. 0 = Never; 1 = Rarely (1–2 times in the past 4 weeks); 2 = Sometimes (3–10 times in the past 4 weeks) and 3 = Often (>10 times in the past 4 weeks). Furthermore, it was categorized into four levels, namely food secure (total score 0–1), mildly food insecure (total score 2–7), moderately food insecure (total score 8–14), and severely food insecure (total score 15–27)^{13,14}. Meanwhile, the Maxwell method was categorized into four groups, i.e. food secure (food expenditure ≤ 60% of household expenditure and energy consumption > 70% energy adequacy); food vulnerable (food expenditure > 60% of household expenditure and energy consumption > 70% energy adequacy), food less secure (food expenditure ≤ 60% of household expenditure and energy consumption ≤ 70% energy adequacy), and food insecure (food expenditure > 60% of household expenditure and energy consumption ≤ 70% energy adequacy)^{14,15}.

Consumption habits of galactagogue foods were assessed based on the average frequency score. The assigned scores for frequency categories were as follows: >1 time/day (score = 2.5), 1 time/day (score = 1.0), 3–6 times/week (score = 0.43), 1–2 times/week (score = 0.14),

2 times/month (score = 0.07), 1 time/month (score = 0.02), and never (score = 0)^{16,17}. Based on the average frequency score, consumption was categorized into two groups: frequent (score ≥ 0.17) and rare (score < 0.17). The amount of galactagogue food consumption was also categorized into two groups: adequate (mean intake ≥ 12 g/day) and inadequate (mean intake < 12 g/day).

Perceived breast milk sufficiency was assessed using eleven¹¹ statements with two response options ("Yes" = 1, "No" = 0). The total score was then categorized into three levels: very low (<3), low (3–6), and adequate (>6)^{18,19}.

Statistical Analysis

Quantitative data were analyzed using IBM SPSS Statistics version 27. The Kolmogorov–Smirnov test was used to assess data normality. The Chi-square test was employed to examine associations between household food security and galactagogue food consumption habits with the perception of sufficient breast milk. Logistic regression analysis was conducted to confirm the association between galactagogue food consumption habits and perceived breast milk sufficiency, while controlling for potential confounders including maternal age, education level, employment status, infant's gender and age, protein adequacy level, and household food security. Collinearity diagnostics were performed, and the final, more parsimonious model was selected using the backward likelihood ratio method. A p-value of <0.05 was considered statistically significant.

Ethical Approval

This study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki (2013, last revised in Finland in 2024)¹⁹, which governs research involving human subjects. Ethical approval was obtained from the Social Humanities Ethics Commission, National Research and Innovation Agency (BRIN) (Approval No: 084/KE.01/SK/02/2024). Informed consent was obtained from all participants prior to data collection.

RESULTS

Socio-Demographic Characteristics, Household Food Security, Energy and Nutrient Adequacy Levels of Breastfeeding Mothers

Table 1 presents the socio-demographic characteristics, household food security status, energy and nutrient adequacy levels among breastfeeding mothers of the Kaili tribe. The analysis revealed that the majority of mothers were of ideal reproductive age (69.4%), had a low level of education (90.2%), were unemployed (87.2%), had a household income above the poverty line (93.2%), and lived in households with five or more members (64.4%). Most mothers also had a history of multiparous pregnancies (65.3%), delivered at a

Table 1. Distribution of Kaili tribe breastfeeding mothers by socio-demographic characteristics

Variable	n = 337	%
Socio-demographic characteristics		
Age		
Non-ideal reproductive age (< 20 years dan > 35 years)	103	30.6
Ideal reproductive age (20-35 years)	234	69.4
Educational level		
Low	304	90.2
High	33	9.8
Employment status		
Working	43	12.8
Not working	294	87.2
Household Income		
Under the poverty line (£ Rp 382,579)	23	6.8
Above the poverty line (> Rp 382,579)	314	93.2
Number of family members		
Small family (£ 4 peoples)	120	35.6
Large family (³ 5 peoples)	217	64.4
Gestational age		
³ 37 weeks	97	28.8
< 37 weeks	240	71.2
Parity		
Primiparous	117	34.7
Multiparous	220	65.3
Mode of delivery		
Cesarean section	248	73.6
Spontaneous vaginal delivery	89	26.4
Infant's gender		
Boy	175	51.9
Girl	162	48.1
Infant's age (months)		
0-3	222	65.9
4-6	115	34.1

gestational age of less than 37 weeks (71.2%), and gave birth via spontaneous delivery (73.6%). Additionally, a slight majority had male infants (51.9%), with most infants aged between 0 and 3 months (65.9%).

In terms of nutrient adequacy, most breastfeeding mothers exhibited severe deficiencies in energy (76.0%), protein (71.8%), and carbohydrate (88.7%) intake, while fat intake was generally adequate (60.2%). Micronutrient adequacy levels were also predominantly low, with deficiencies observed in calcium (98.8%), iron (85.8%), zinc (97.3%), vitamin A (54.6%), and vitamin C (95.3%) (Table 2).

Table 2. Distribution of Kaili tribe breastfeeding mothers by household food security, energy and nutrient adequacy levels

Variable	n = 337	%
Household Food Security		
HFIAS Method		
Food secure	116	34.4
Mildly food insecure	105	31.2
Moderately food insecure	77	22.8
Severely food insecure	39	11.6
Maxwell Method		
Food secure	94	27.9
Food vulnerable	116	34.4
Food less secure	49	14.5
Food insecure	78	23.1
Energy and Nutrient Adequacy Levels		
Energy		
Severe deficit (<70%)	256	76.0
Moderate deficit (70-79%)	34	10.1
Mild deficit (80-89%)	22	6.5
Normal (90-119%)	21	6.2
Excess (³ 120%)	4	1.2
Protein		
Severe deficit (<70%)	242	71.8
Moderate deficit (70-79%)	26	7.7
Mild deficit (80-89%)	23	6.8
Normal (90-119%)	32	9.5
Excess (³ 120%)	14	4.2

Table 2 continuation. Distribution of Kaili tribe breastfeeding mothers by household food security, energy and nutrient adequacy levels

Variable	n = 337	%
Fat		
Adequate (20-30% KE)	203	60.2
Excess (>30% KE)	134	39.8
Carbohydrates		
Severe deficit (<70%)	299	88.7
Moderate deficit (70-79%)	19	5.6
Mild deficit (80-89%)	5	1.5
Normal (90-119%)	8	2.4
Calcium		
Deficient (<77% AKG)	333	98.8
Adequate (³ 77 AKG)	4	1.2
Iron		
Deficient (<77% AKG)	289	85.8
Adequate (³ 77 AKG)	48	14.2
Zinc		
Deficient (<77% AKG)	328	97.3
Adequate (³ 77 AKG)	9	2.7
Vitamin A		
Deficient (<77% AKG)	184	54.6
Adequate (³ 77 AKG)	153	45.4
Vitamin C		
Deficient (<77% AKG)	321	95.3
Adequate (³ 77 AKG)	16	4.7

Based on the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) method, 34.4% of breastfeeding mothers from the Kaili tribe in Sigi Regency were classified as living in food-secure households. The remaining households were categorized as mildly food insecure (31.2%), moderately food insecure (22.8%), and severely food insecure (11.6%). In comparison, according to Maxwell's method, 27.9% of breastfeeding mothers were categorized as food secure, while 34.4% were considered food vulnerable, 14.5% as food less secure, and 23.1% as food insecure.

Lactagogue Food Consumption Habits

In-depth interviews and FGDs revealed that breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency continue to consume several local foods traditionally believed to stimulate breast milk production (galactagogues). These include bavoia (*Cleome gynandra* L.), pumpkin leaves (*Cucurbita spp.*), sweet potato leaves (*Ipomoea batatas* L.), banana blossom (*Musa spp.*), moringa leaves (*Moringa oleifera*), and peanuts (*Arachis hypogaea*). This belief was confirmed by several informants, as illustrated in the following statements:

".... During breastfeeding, I was told to eat pumpkin leaves and moringa, bavoia...I also used to eat peanuts to encourage breast milk to come out...." (Breastfeeding mother, 31 years old)

".....I was told by my parents to eat a lot of moringa, bavoia, and sweet potato leaves when I first started breastfeeding so that I would get a lot of milk...." (Breastfeeding mother, 38 years old)

"...bavoia boiled, moringa and banana blossom can also be used. We were also told to eat peanuts...that's what we, Kaili people used to eat when breastfeeding" (FGD with Paraji).

This finding is supported by survey results, which show that all breastfeeding mothers of the Kaili tribe (100%) reported consuming bavoia, pumpkin leaves, sweet potato leaves, and banana blossom as galactagogue foods (Figure 1).

Qualitative findings suggest that the frequency of galactagogue foods consumption among breastfeeding mothers of the Kaili tribe varies, ranging from 1-3 times a day to once a month. The following are quotes from some of the informants:

"...I usually eat bavoia 1-3 times a day, Moringa 3-4 times every week....but sweet potato leaves at most once a month...." (Breastfeeding mother, 38 years old)

"...every day I must eat vegetables so that there is a lot of breast milk...only the type changes, it can be spinach, bavoia...." (Breastfeeding mother, 26 years old)

This finding is in line with the quantitative data, which indicates that lactagogue foods are frequently consumed by most breastfeeding mothers of the Kaili tribe (55%) (Figure 2).

Another key finding from the qualitative data was the variation in the amount of galactagogues foods consumption among breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency. In general, mothers reported consuming approximately three tablespoons of vegetables per meal. However, some mothers indicated consuming larger portions, ranging

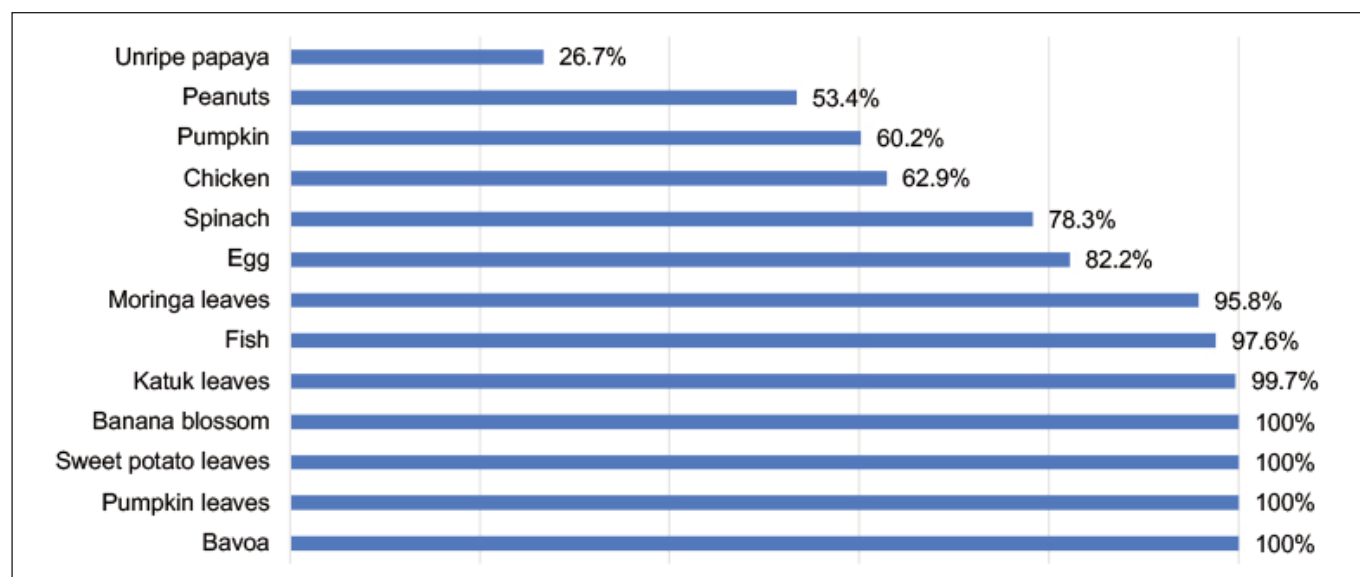


Figure 1. Distribution of breastfeeding mothers of the Kaili tribe according to type of galactagogue foods consumed

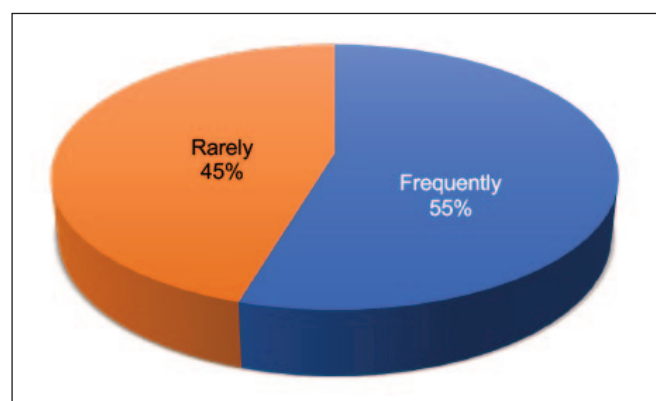


Figure 2. Distribution of breastfeeding mothers of the Kaili tribe according to frequency of galactagogue food consumption

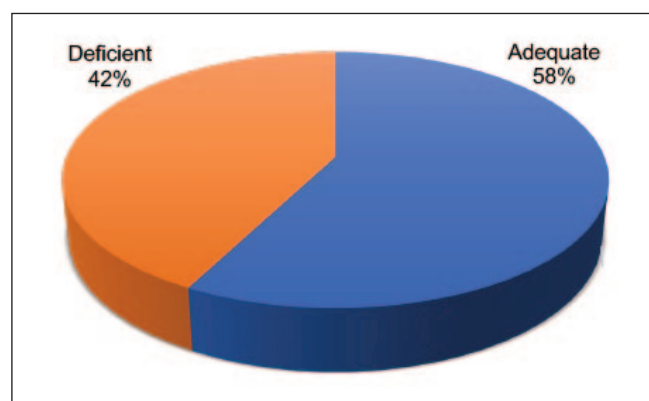


Figure 3. Distribution of breastfeeding mothers of the Kaili tribe by amount of galactagogue food consumption

from 3–4 tablespoons to a full bowl per meal. This variation is illustrated by the following informant comments:

"....each meal time...I eat vegetable bavoa 3 table-spoons...other vegetables usually 5-6 tablespoons...." (Breastfeeding mother, 26 years old)

"...oh I can eat up to one bowl of vegetables at every meal, but if it's bavoa, I always eat a full bowl for sure...." (Breastfeeding mom, 18 years old)

".... I usually eat about 3-4 tablespoons of vegetables on each meal time, especially bavoa... because I really like it...." (Breastfeeding mother, 38 years old)

A quantitative analysis of 337 breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency showed that the majority (58%) had adequate galactagogue food consumption habits (Figure 3).

Perceived Breast Milk Sufficiency

Qualitative findings on Perceived breast milk sufficiency among breastfeeding mothers of the Kaili tribe revealed relatively consistent infant suckling patterns—typically 7–8 times per day, with each session lasting more than 10 minutes. Most informants identified signs of breast milk adequacy as breast tightness, milk leakage, and the infant sleeping soundly and not crying after feeding. These perceptions are illustrated in the following informant statements:

"...When breastfeeding, the breasts are first cleaned with water, and then the baby is breastfed from the right breast and then moved to the left breast. The baby is held in the arms, and the baby's face is placed on the breast. Later, you can feel that the baby is breastfeeding, and you can hear the

sound of breast milk being swallowed...." (Breast-feeding mother, 26 years old)

"...Babies usually suckle for approximately 15 minutes each time. A day can be up to 7 or 8 times..." (Breast-feeding mother, 38 years)

"...the breast can feel firm, hard, the milk comes out by itself, the baby doesn't cry anymore..." (Breast-feeding mother, 38 years old)

Quantitative data indicate that the majority of breast-feeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency have an

adequate perception of sufficient breast milk (64.1%) (Figure 4).

Association of Household Food Security with Perceived Breast Milk Sufficiency

The Chi-square test revealed a significant association between household food security (measured using the HFIAS method) and perceived breast milk sufficiency ($p < 0.001$). However, no significant association was found when household food security was assessed using Maxwell's method ($p > 0.05$) (Table 3).

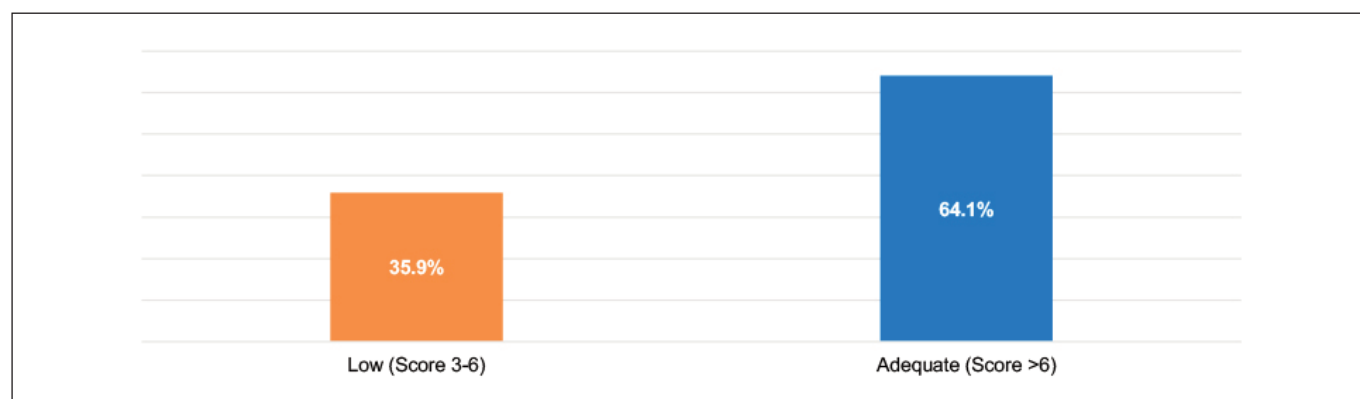


Figure 4. Distribution of Kaili tribe breastfeeding mothers by perceived breast milk sufficiency

Table 3. Association of household food security with perception of sufficient breast milk (n=337)

Household Food Security	Perceived Breast Milk Sufficiency				<i>p-value</i> ^{a)}
	Adequate		Low		
	n	%	n	%	
HFIAS Method					
Food secure	107	93.0	8	7.0	< 0.001*
Mildly food insecure	73	68.2	34	31.8	
Moderately food insecure	33	42.9	44	57.1	
Severely food insecure	3	7.9	35	92.1	
Maxwell Method					
Food secure	60	64.5	33	35.5	0.691
Food vulnerable	79	66.9	39	33.1	
Food less secure	28	57.1	21	42.9	
Food insecure	49	63.6	28	36.4	

a) Chi-Square Test; * significant.

Association of Consumption Habits of Galactagogue Foods Consumption with Perceived Breast Milk Sufficiency

Breastfeeding mothers of the Kaili tribe who frequently consumed galactagogue foods were more likely to perceive their breast milk as adequate (70.7%), similar to those who consumed an adequate amount of galactagogue foods (84.0%). The Chi-square test showed a significant association between both the frequency ($p < 0.05$) and the amount ($p < 0.01$) of galactagogue food consumption and perceived breast milk sufficiency (Table 4).

Logistic regression analysis revealed a highly significant association between the amount of galactagogues foods consumption and perceived breast milk sufficiency ($p < 0.001$; OR = 11.327), after controlling for potential confounding variables (Table 4). The final, more parsimonious model is presented in Table 5, as other variables included in the initial analysis were not statistically significant.

The analysis yielded a Cox & Snell R Square value of 0.303 and a Nagelkerke R Square value of 0.415, indicating that the

model has a moderate ability to predict the variation in the dependent variable. Additionally, the Hosmer–Lemeshow goodness-of-fit test produced a Chi-square value of 3.334 with a significance level of $p = 0.766$, suggesting that the logistic regression model fits the data well.

DISCUSSION

The age range of 20–35 years is considered ideal for reproduction, as the reproductive organs are physiologically mature and ready for childbearing. This age group is also associated with greater psychological and emotional maturity, which contributes to the success of breastfeeding practices²⁰. However, younger mothers may have limited experience, lower educational attainment, and reduced access to social support, all of which can negatively affect breastfeeding behaviors²¹. Maternal education plays a critical role in shaping health behaviors, including breastfeeding, and is therefore considered a key investment for improving maternal and child health outcomes²². Employment status can also present a significant barrier to successful breastfeeding^{24,25}. In this study, 12.8% of breastfeeding mothers were employed. Working

Table 4. Association of consumption habits of lactagogue foods with perceived breast milk sufficiency

Consumption Habits of Lactagogue Foods	Perception of Sufficient Breast Milk				p-value ^{a)}
	Adequate		Low		
	n	%	n	%	
Frequency					
Frequenlty	130	70.7	54	29.3	0.008
Rarely	86	56.2	67	43.8	
Amount					
Adequate	163	84.0	31	16.0	< 0.001*
Deficient	53	37.1	90	62.9	

a) Chi-Square Test; * significant.

Table 5. Logistic regression results of the association between consumption habits of lactagogue foods and other variables with perceived breast milk sufficiency

Independent Variable	B	SE	p-value	OR (95% CI)
Food security	2.399	0.507	< 0.001	11.013 (4.073-29.777)
Protein adequacy level	0.955	0.487	0.050	2.598 (1.001-6.743)
Amount of lactagogue food consumption	2.427	0.328	< 0.001	11.327 (5.958-21.533)

B (regression coefficient); SE (standard error); OR (odds ratio); CI (confidence interval).

mothers often face time constraints and reduced opportunities to interact with their infants, including engaging in breastfeeding²⁵. Furthermore, gestational age at birth is another influential factor. Preterm births (<37 weeks) may lead to the immaturity of vital organs, particularly the brain and the suckling reflex, which can interfere with effective breastfeeding^{27,28}. In this study, 28.8% of breastfeeding mothers had delivered preterm infants.

Food security remains a global challenge, as it is closely linked to economic development and overall human well-being^{29,30}. At the household level, food insecurity is recognized as a significant public health concern³⁰. During lactation, physiological changes increase the energy and nutrient requirements of mothers. Therefore, adequate nutritional intake is essential—not only to maintain the health and nutritional status of the mother, but also to ensure the production of sufficient and high-quality breast milk³¹.

The qualitative and quantitative findings of this study align with previous research^{10,32,33} which reported that the consumption of galactagogue foods is deeply rooted in cultural beliefs regarding their benefits for enhancing breast milk production and improving lactation. These foods have become an integral part of the maternal diet in many communities. Another study³⁴ found that the frequency of galactagogue food consumption varies—ranging from one to three times per day—with differing portion sizes. The types and amounts of galactagogue foods consumed are often shaped by cultural practices. For example, Batak breastfeeding mothers commonly consume a bowl of *torbangun* soup (*Coleus ambonicus* Lour), based on the belief that it stimulates milk production¹¹.

Maternal perception of sufficient breast milk is a global concern, and the implications of this perception can differ across cultural contexts. A positive perception is essential for supporting exclusive breastfeeding and achieving optimal maternal and infant health outcomes³⁵.

Several studies have demonstrated that moderate to severe food insecurity is associated with an increased risk of early discontinuation of exclusive breastfeeding. This is often linked to maternal beliefs regarding the necessity of consuming nutritious foods to ensure adequate milk production^{37,38} and it may also influence the timely initiation of breastfeeding³⁸. Furthermore, household food insecurity has been associated with reduced breast milk intake among infants³⁹. In contrast, breastfeeding mothers from food-secure households are more likely to successfully practice exclusive breastfeeding⁴⁰.

The findings of this study are consistent with previous research⁹, which reported that the amount of galactagogue food consumed is positively associated with increased breast milk volume. Consuming galactagogue foods is a simple and culturally accepted strategy to help maintain breast milk production throughout the breastfeeding period, ultimately supporting optimal child growth and development. Therefore, the

habit of consuming galactagogue foods among breastfeeding mothers of the Kaili tribe should be preserved and promoted to enhance the success of exclusive breastfeeding practices.

Limitations

The sample size and the geographic focus on breastfeeding mothers of the Kaili tribe in Sigi Regency limit the generalizability of the findings to other populations or cultural contexts. Additionally, perceived breast milk sufficiency was assessed subjectively through self-reported measures, which may be subject to reporting bias and personal interpretation.

CONCLUSION

Most breastfeeding mothers of the Kaili tribe habitually and frequently consume galactagogue foods in adequate amounts, particularly *bava* (*Cleome gynandra* L.), pumpkin leaves (*Cucurbita* spp.), sweet potato leaves (*Ipomoea batatas* L.), and banana blossom (*Musa* spp.). Based on the HFIAS method, 34.3% of these mothers were classified as living in food-secure households, and household food security was significantly associated with perceived breast milk sufficiency ($p < 0.05$). Moreover, the amount of galactagogue food consumption showed a strong and significant association with perceived breast milk sufficiency ($p < 0.001$).

Future research is recommended to analyze the nutritional composition and bioactive components of commonly consumed galactagogue foods among the Kaili tribe. Preclinical studies should also be conducted to evaluate their efficacy in supporting lactation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank the Neys – van Hoogstraten Foundation and IPB University for the major funding of this research through the “Research Grant Proposal Inter-University Collaboration Program in Food and Nutrition Security” with contract Number 17/NHF/2023, dated 13 September 2023.

REFERENSI

1. North K, Gao M, Allen G, Lee AC. Breastfeeding in a global context: epidemiology, impact, and future directions. Clin Ther [Internet]. 2022 Feb 1 [cited 2021 Jan 24];44(2):228–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34973827>. doi: 10.1016/j.clinthera.2021.11.017.
2. Victora CG, Horta BL, de Mola CL, Quevedo L, Pinheiro RT, Gigante DP, et al. Association between breastfeeding and intelligence, educational attainment, and income at 30 years of age: a prospective birth cohort study from Brazil. Lancet Glob Heal [Internet]. 2015 Apr 1 [cited 2021 Jan 24];3(4):e199–205. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25794674/>
3. UNICEF. Breastfeeding [Internet]. 2023 [cited 2023 Jan 24]. Available from: <https://data.unicef.org/topic/nutrition/breastfeeding/>

4. Kemenkes RI. Survei Kesehatan Indonesia (SKI). Jakarta: Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI; 2023. 1–68 p.
5. Chang PC, Li SF, Yang HY, Wang LC, Weng CY, Chen KF, et al. Factors associated with cessation of exclusive breastfeeding at 1 and 2 months postpartum in Taiwan. *Int Breastfeed J*. 2019; 14(1):1–7. <https://doi.org/10.1186/s13006-019-0213-1>
6. Kedir S, Belachew T, Wondafrash M, Kedir S. Time to early cessation of exclusive breast feeding and associated factors among 6–12 months old children: survival analysis. *Clin Nutr ESPEN*. 2022 Aug 1;50:283–8. doi: 10.1016/j.clnesp.2022.04.030.
7. Lesorogol C, Bond C, Dulience S, Lannotti L. Economic determinants of breastfeeding in Haiti: the effects of poverty, food insecurity, and employment on exclusive breastfeeding in an urban population. *Matern Child Nutr [Internet]*. 2017 [cited 2022 Feb 17];14(2):1–9. <https://doi.org/10.1111/mcn.12524>
8. Mortel M, Mehta SD. Systematic review of the efficacy of herbal galactagogues. *J Hum Lact*. 2013 May;29(2):154–62. doi: 10.1177/0890334413477243.
9. Buntuchai G, Pavadhgul P, Kittipichai W, Satheannoppakao W. Traditional galactagogue foods and their connection to human milk volume in Thai breastfeeding mothers. *J Hum Lact*. 2017; 33(3):552–9. doi: 10.1177/0890334417709432
10. Shen Q, Huang CR, Du WW, Li JY, Redding SR, Ouyang YQ. Galactagogue food consumption, perception of insufficient milk supply, and exclusive breastfeeding in Chinese postpartum women: an analysis of repeated measures. *J Transcult Nurs*. 2023; 34(5):365–74. doi: 10.1177/10436596231184650
11. Damanik R. Torbangun (*Coleus amboinicus* Lour): a Batakese traditional cuisine perceived as lactagogue by Batakese lactating women in Simalungun, North Sumatera, Indonesia. *J Hum Lact*. 2009;25(1):64–72. doi: 10.1177/0890334408326086
12. Roosita K, Kusharto CM, Sekiyama M, Fachrurrozi Y, Ohtsuka R. Medicinal plants used by the villagers of a Sundanese community in West Java, Indonesia. *J Ethnopharmacol*. 2008;115(1):72–81. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.09.010>
13. Lemeshow S, Hosmer DW, Klar J, Lwanga SK. Besar Sampel dalam Penelitian Kesehatan [Internet]. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press; 1997 [cited 2022 Feb 21]. Available from: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=386149>
14. Maxwell D, Levin C, Armar-klemesu M, Ruel M, Morris S, Ahiadeke C. Urban livelihoods and food and nutrition security in Greater Accra, Ghana. Research Report 112. Washington; 2000.
15. Marks GC, Hughes MC, Van Der Pols JC. Relative validity of food intake estimates using a food frequency questionnaire is associated with sex, age, and other personal characteristics. *J Nutr [Internet]*. 2006;136(2):459–65. Available from: <https://doi.org/10.1093/jn/136.2.459>
16. Nuryani, Muhdar IN, Ramadhani F, Paramata Y, Adi DI, Bohari. Association of physical activity and dietary patterns with adults abdominal obesity in Gorontalo Regency, Indonesia: a cross-sectional study. *Curr Res Nutr Food Sci*. 2021;9(1):280–92. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.9.1.26>
17. Chahyanto BA, Roosita K. Kaitan asupan vitamin A dengan produksi Air Susu Ibu (ASI) pada ibu nifas. *J Gizi dan Pangan [Internet]*. 2013 Mar 20 [cited 2022 Feb 21];8(2):83–8. Available from: <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jgizipangan/article/view/7685>. doi: 10.25182/jgp.2013.8.2.83-88
18. Kent JC, Ashton E, Hardwick CM, Rea A, Murray K, Geddes DT. Causes of perception of insufficient milk supply in Western Australian mothers. *Matern Child Nutr*. 2021;17(1):1–11. doi: 10.1111/mcn.13080
19. World Medical Association. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Participants.
20. Sayuti NA, Atikah N. The pattern of herbal medicines use for breastfeeding mother in Jogonalan, Klaten, Indonesia: a mini survey. *BMC Complement Med Ther [Internet]*. 2023;23(1):1–16. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04235-x>
21. Agho KE, Ahmed T, Fleming C, Dhama MV, Miner CA, Torome R, et al. Breastfeeding practices among adolescent mothers and associated factors in Bangladesh (2004–2014). *Nutrients*. 2021; 13(2):1–23. doi: 10.3390/nu13020557
22. Wako WG, Wayessa Z, Fikrie A. Effects of maternal education on early initiation and exclusive breastfeeding practices in sub-Saharan Africa: a secondary analysis of Demographic and Health Surveys from 2015 to 2019. *BMJ Open*. 2022;12(3):1–8. doi: 10.1136/bmjopen-2021-054302
23. Hendaus MA, Alhammadi AH, Khan S, Osman S, Hamad A. Breastfeeding rates and barriers: a report from the state of Qatar. *Int J Womens Health*. 2018;10:467–75. doi: 10.2147/IJWH.S161003
24. Tadesse F, Alemayehu Y, Shine S, Asresahegn H, Tadesse T. Exclusive breastfeeding and maternal employment among mothers of infants from three to five months old in the Fafan zone, Somali regional state of Ethiopia: a comparative cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2019;19(1):1–9. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7345-5>
25. Bue MCL, Priebe J. Revisiting the socioeconomic determinants of exclusive breastfeeding practices: evidence from Eastern Indonesia. *Oxford Dev Stud [Internet]*. 2018;46(3):398–410. Available from: <http://doi.org/10.1080/13600818.2017.1397620>
26. Fan HSL, Wong JYH, Fong DYT, Lok KYW, Tarrant M. Association between early-term birth and breastfeeding initiation, duration, and exclusivity: a systematic review. *Birth*. 2019;46(1):24–34. doi: 10.1111/birt.12380
27. Harjpal P, Kovala RK, Qureshi MI. Promoting survival and primitive reflexes to prevent brain imbalance in premature infants: a scoping review of new insights by physiotherapists on developmental disorders. *Cureus*. 2023;15(8):1–8. doi: 10.7759/cureus.43757
28. Utama LJ, Abdi LK, Yunita L, Eka B, Saudia P, Kristiandi K, et al. Food security of farmer households in Central Lombok Regency. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2024;44(3):268–76. <https://doi.org/10.12873/44utama>
29. Monroy Torres R, Castillo Chávez ÁM, Vidalez Ocadiz G, Naves Sánchez J. Food insecurity in homes of mothers of premature newborns with anthropometric alterations at birth. *Nutr Clín Diet Hosp [Internet]*. 2020;40(4):63–9. Available from: <https://revista.nutri>

- cion.org/index.php/ncdh/article/view/87/62. <https://doi.org/10.12873/404monroy>
30. Pollard CM, Booth S. Food insecurity and hunger in rich countries- it is time for action against inequality. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(10):1–13. doi: 10.3390/ijerph16101804
 31. Roosita K, Purwaningtyas DR, Damayanthi E. Fisiologi Laktasi dan Nutrasetikal Galohgor untuk Peningkatan Produksi ASI. Bogor: IPB Press; 2024.
 32. Jain M, Pahuja A, Singh EPP, Chandra S. Traditional galactogogues and the practices related to their use by post-natal women of India. *Malaysian J Med Heal Sci*. 2024;20(1):143–51. doi:10.47836/mjmhs.20.1.19
 33. Ryan RA, Hepworth AD, Lyndon A, Bihuniak JD. Use of galactagogues to increase milk production among breastfeeding mothers in the United States: a descriptive study. *J Acad Nutr Diet* [Internet]. 2023;123(9):1329–39. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2023.05.019>
 34. Karo DB, Mufdlilah M. The effectiveness of galactagogue content on breast milk production: a scoping review. *J Aisyah J Ilmu Kesehatan*. 2023;8(4):1846–58. doi: 10.30604/jika.v8i4.2381
 35. Sandhi A, Lee GT, Chipojola R, Huda MH, Kuo SY. The relationship between perceived milk supply and exclusive breastfeeding during the first six months postpartum: a cross-sectional study. *Int Breastfeed J*. 2020;15(1):1–11. doi: 10.1186/s13006-020-00310-y
 36. Gross RS, Mendelsohn AL, Arana MM, Messito MJ. Food insecurity during pregnancy and breastfeeding by low-income Hispanic mothers. *Pediatrics*. 2019;143(6):1–10. doi: 10.1542/peds.2018-4113
 37. Dinour LM, Rivera Rodas EI, Amutah-Onukagha NN, Doamekpor LA. The role of prenatal food insecurity on breastfeeding behaviors: findings from the United States pregnancy risk assessment monitoring system. *Int Breastfeed J*. 2020;15(1):1–16. <https://doi.org/10.1186/s13006-020-00276-x>
 38. Orozco J, Echeverria SE, Armah SM, Dharod JM. Household food insecurity, breastfeeding, and related feeding practices in US infants and toddlers: Results from NHANES 2009–2014. *J Nutr Educ Behav* [Internet]. 2020;52(6):588–94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2020.02.011>
 39. Miller JD, Young SL, Boateng GO, Oyiye S, Owino V. Greater household food insecurity is associated with lower breast milk intake among infants in Western Kenya. *Matern Child Nutr*. 2019 Oct 1; 15(4):1–8. doi: 10.1111/mcn.12862
 40. Macharia TN, Ochola S, Mutua MK, Kimani-Murage EW. Association between household food security and infant feeding practices in urban informal settlements in Nairobi, Kenya. *J Dev Orig Health Dis*. 2018;9(1):20–9. doi: 10.1017/S2040174417001064

Valoración nutricional de platos tradicionales a partir de paiche (*Arapaimas gigas*), utilizando métodos de conservación ancestrales de la región amazónica ecuatoriana

Nutritional evaluation of traditional foods from paiche (*Arapaimas gigas*), using ancestral conservation methods from the Ecuadorian Amazon region

Juan Alejandro NEIRA MOSQUERA^{1,2,3}, Angel Marcelo TITUAÑA MAQUIZA², Sungey Naynee SÁNCHEZ LLAGUNO³, Jhonnatan Placido ALDAS MOREJON⁴, Karol Yannela REVILLA ESCOBAR^{1,4}

1 Universidad Pública de Santo Domingo de los Tsáchilas - UPSDT, km 28, vía Santo Domingo - Quevedo, Ecuador.

2 Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

3 Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Av. General Rumiñahui s/n Sangolquí, Ecuador, P.O.BOX: 171-5-231B.

4 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, M5600APG, Argentina.

Recibido: 28/mayo/2025. Aceptado: 23/julio/2025.

RESUMEN

Introducción: El estudio resalta la importancia de estas prácticas en la preservación de nutrientes y la revalorización cultural de la gastronomía amazónica.

Objetivo: Evaluar la valoración nutricional de platos tradicionales a partir de *Arapaimas gigas* utilizando métodos de conservación ancestrales de la región amazónica ecuatoriana

Métodos: Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial A*B*C, donde el Factor A = Tipo de corte del pescado (lomo y vientre), Factor B = Tipo de hoja vegetal (bijao, plátano y platanillo) y Factor C = Tipo de cocción (carbón y vapor). Para determinar diferencias en las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de rangos múltiples Tukey ($p < 0.05$).

Resultados: La caracterización bromatológica mostró pH entre 6.39 y 6.54, acidez de 0.0004 a 0.534%, ceniza de 6.94 a 33.01%, humedad de 69.53 a 72.24%, grasa de 3.25 a 21.51% y proteína de 18.17 a 21.34%. En cuanto a lípidos, los ácidos grasos saturados incluyeron: mirístico

(2.77–2.84%), pentanoico (0.47–0.48%), palmítico (14.36–14.63%), heptanoico (0.56–0.57%), esteárico (3.17–3.30%), araquídico (0.46–0.48%), heneicosanoico (0.37%) y behénico (0.74–0.78%). Los insaturados fueron: palmitoleico (3.09–3.18%), heptadecenoico (0.25–0.27%), oleico (14.70–14.83%) y nervónico (0.34–0.35%). Entre los poliinsaturados se identificaron: linoleico (29.67–29.95%), linolénico (4.71–4.83%), eicosadienoico (0.47–0.48%), araquidónico (3.07–3.12%), eicosapentaenoico (3.21–3.24%), docosadienoico (0.39–0.40%), docosahexaenoico (16.14–16.73%) y eicosatrienoico (0.21% en Ayampaco). Los niveles de plomo (0.07 mg/kg) y mercurio (< 0.10 mg/kg) estuvieron dentro de los límites internacionales. El análisis microbiológico evidenció recuentos muy bajos: aerobios (0.00–0.011 UFC/mL), Salmonella (0.00–0.19 UFC/mL), enterobacterias (0.00–0.24 UFC/mL), mohos y levaduras (0.00–0.02 UFC/mL), y ausencia de *E. coli*.

Conclusiones: Los resultados confirman que los métodos ancestrales de preparación garantizan la inocuidad de los alimentos, posicionándolos como prácticas viables para la producción de alimentos funcionales.

PALABRAS CLAVE

Conservación de alimentos, Gastronomía, Técnicas de cocción, Técnicas ancestrales, Región amazónica.

Correspondencia:

Jhonnatan Aldas Morejon
jhonnatanaldas719@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: The study highlights the importance of these practices in the preservation of nutrients and the cultural revaluation of Amazonian gastronomy.

Objective: To evaluate the nutritional value of traditional dishes made from *Arapaimas gigas* using ancestral conservation methods from the Ecuadorian Amazon region.

Methods: A completely randomized block design with an A*B*C factorial arrangement was used, where Factor A = Fish cut type (loin and belly), Factor B = Vegetable leaf type (bijao, plantain and plantain) and Factor C = Cooking type (charcoal and steam). To determine differences in treatment means, the Tukey multiple range test was applied ($p < 0.05$).

Results: Bromatological characterization showed pH between 6.39 and 6.54, acidity from 0.0004 to 0.534%, ash from 6.94 to 33.01%, humidity from 69.53 to 72.24%, fat from 3.25 to 21.51% and protein from 18.17 to 21.34%. Regarding lipids, saturated fatty acids included: myristic (2.77–2.84%), pentanoic (0.47–0.48%), palmitic (14.36–14.63%), heptanoic (0.56–0.57%), stearic (3.17–3.30%), arachidic (0.46–0.48%), heneicosanoic (0.37%) and behenic (0.74–0.78%). The unsaturates were: palmitoleic (3.09–3.18%), heptadecenoic (0.25–0.27%), oleic (14.70–14.83%) and nervonic (0.34–0.35%). Among the polyunsaturates the following were identified: linoleic (29.67–29.95%), linolenic (4.71–4.83%), eicosadienoic (0.47–0.48%), arachidonic (3.07–3.12%), eicosapentaenoic (3.21–3.24%), docosadienoic (0.39–0.40%), docosahexaenoic (16.14–16.73%) and eicosatrienoic (0.21% in Ayampaco). The levels of lead (0.07 mg/kg) and mercury (< 0.10 mg/kg) were within international limits. Microbiological analysis showed very low counts: aerobes (0.00–0.011 CFU/mL), Salmonella (0.00–0.19 CFU/mL), enterobacteria (0.00–0.24 CFU/mL), molds and yeasts (0.00–0.02 CFU/mL), and absence of *E. coli*.

Conclusions: The results support the efficacy of ancestral preparation methods not only as a culturally relevant technique, but also as a practice compatible with food safety and the promotion of functional foods.

KEY WORDS

Food Preservation, Gastronomy, Cooking Techniques, Ancestral Techniques, Amazon Region.

INTRODUCCIÓN

La región amazónica ecuatoriana alberga una rica diversidad biológica y cultural, donde las comunidades indígenas han desarrollado prácticas alimentarias sostenibles que integran el aprovechamiento de recursos locales y técnicas ancestrales de conservación¹. Por otro lado, la gastronomía tradicional de la región amazónica del Ecuador es un patrimonio cultural que ha sido transmitido de generación en

generación. Así mismo, es considerada un reservorio de biodiversidad no solo ecológica, sino también cultural y alimentaria, sus comunidades han desarrollado, a lo largo de generaciones, prácticas culinarias basadas en ingredientes autóctonos como raíces, frutos, hojas y, especialmente, peces de río².

Entre los recursos más emblemáticos en la amazonia ecuatoriana se encuentra el paiche (*Arapaima gigas*), una de las especies de peces de agua dulce llegando a medir hasta 3 m y un peso corporal de 200 kg, es reconocido por su alto valor nutricional y su importancia en la seguridad alimentaria de las poblaciones amazónicas³. Además de su contenido proteico y su perfil lipídico, incluyendo ácidos grasos esenciales como omega-3 y omega-6. así como minerales como hierro y zinc, estas características nutricionales lo posicionan como un alimento estratégico para mejorar la dieta⁴. En Ecuador, su presencia en la región amazónica ha sido tradicionalmente aprovechada por comunidades locales debido a su carne blanca, firme y sin espinas intermusculares, lo que facilita su preparación y consumo².

Tradicionalmente, el paiche ha sido un ingrediente central en platos típicos como el Maito es una preparación ancestral que consiste en envolver el pescado en hojas de bijao (*Ilaki panga*) y cocinarlo al fuego acompañado con yuca, plátano verde y otras raíces amazónicas, el cual es una técnica que realza el sabor natural del pescado y conserva sus propiedades nutricionales⁵. Asimismo, el Ayampaco, originario de la cultura shuar, utiliza una técnica similar con especias y vegetales locales, manteniendo así una conexión profunda con las prácticas culinarias ancestrales y la biodiversidad de la región⁶.

Por otro lado, la valoración nutricional de productos derivados del paiche ha cobrado relevancia en la industria agroalimentaria ecuatoriana en investigaciones recientes han explorado la elaboración de alimentos como jamón cocido y snacks fortificados, evidenciando que estos productos mantienen las propiedades nutricionales del pescado original⁷. Por ejemplo, un estudio sobre jamón cocido a base de carne de paiche reportó un contenido proteico del 13.8% y niveles bajos de grasa, destacando su potencial como alimento funcional. Por otro el consumo de la carne de Paiche mayormente se lo realiza en filetes similar al bacalao, de igual forma debido a su calidad y a la usencia de espinas y huesos, así como también por el contenido de omegas⁸.

La alta perecibilidad del pescado se relaciona con su estructura y composición específicas, destacando su bajo nivel de acidez y la presencia de compuestos nitrogenados no proteicos, a lo que se suman factores como el tiempo y la temperatura de almacenamiento que inciden directamente en la calidad final del producto⁹. Por otro lado, las técnicas de conservación ancestral como el ahumado, el salado y el secado al sol han sido fundamentales para las comunidades

amazónicas, ya que permiten alargar la vida útil del pescado sin depender de sistemas de refrigeración, lo cual resulta crucial en entornos donde el acceso a tecnologías modernas es limitado, estas prácticas no solo preservan el alimento, sino que además mantienen sus características sensoriales y su valor nutricional, demostrando un conocimiento empírico profundo sobre la manipulación y cuidado de los recursos naturales¹⁰.

De tal manera, que estas prácticas no solo reflejan un conocimiento profundo del entorno, sino que también representan una alternativa sostenible frente a los métodos de conservación modernos que requieren infraestructura y recursos energéticos significativos. Por tal motivo el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el valor nutricional de alimentos tradicionales elaborados a partir de paiche, utilizando técnicas de conservación ancestrales propias de la región amazónica ecuatoriana. Se busca así rescatar y validar científicamente prácticas culturales que podrían contribuir a la mejora de la nutrición y al fortalecimiento de la identidad alimentaria de las comunidades locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio y obtención de la materia prima

La materia prima utilizada consistió en cortes de Arapaima gigas (lomo y vientre), los cuales fueron obtenidos gracias a un convenio establecido con la Asociación ASOARAPAIMA en el marco del proyecto FOCICYT.

El presente estudio se desarrolló en dos fases complementarias. En primer lugar, la elaboración de los platos típicos ancestrales (Maito y Ayampaco) se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María, ubicado en el kilómetro 7,5 de la vía Quevedo – Mocache. Posteriormente, los análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Biociencias de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, situado en el kilómetro 24 de la vía Santo Domingo – Quevedo

Análisis estadístico

La investigación se estructuró bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar con un arreglo factorial A*B*C, aplicada ambos platos típicos: Maito y Ayampaco. El Factor A = Tipo de corte del pescado (lomo y vientre), el Factor B = Tipo de hoja vegetal (bijao, plátano y platanillo) y el Factor C = Tipo de cocción (carbón y vapor). Obteniendo un total de 12 tratamientos con 3 repeticiones presentando así un total de 36 unidades experimentales. Para el análisis estadístico, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de ($p \leq 0,05$), empleando los softwares estadísticos "STATGRAPHICS" y "STATISTICA" para procesar los datos obtenidos.

Tabla 1. Combinación de los Tratamientos que interviene en la elaboración de Maito y Ayampaco

N.º	DESCRIPCIÓN
T1	Lomo + Bijao + (Cocción – Carbón)
T2	Lomo + Bijao + (Cocción – Vapor)
T3	Lomo + Plátano + (Cocción – Carbón)
T4	Lomo + Plátano + (Cocción – Vapor)
T5	Lomo + Platanillo + (Cocción – Carbón)
T6	Lomo + Platanillo + (Cocción – Vapor)
T7	Vientre + Bijao + (Cocción – Carbón)
T8	Vientre + Bijao + (Cocción – Vapor)
T9	Vientre + Plátano + (Cocción – Carbón)
T10	Vientre + Plátano + (Cocción – Vapor)
T11	Vientre + Platanillo + (Cocción – Carbón)
T12	Vientre + Platanillo + (Cocción – Vapor)

Elaboración de Maito y Ayampaco a partir de Paiche (Arapaima gigas)

La elaboración de los platos tradicionales amazónicos Maito y Ayampaco a partir de *Arapaima gigas* (paiche) inició con la recepción de los cortes de lomo y vientre, así como de las hojas vegetales (bijao, plátano y platanillo) e insumos complementarios, es necesario mencionar que, para asegurar la homogeneidad de los lotes, se seleccionaron cortes con características similares en tamaño, peso y frescura, provenientes del mismo proveedor. Asimismo, las hojas vegetales fueron seleccionadas en función de su integridad, tamaño y grado de madurez. Previo al cocinado, todos los insumos fueron lavados cuidadosamente con agua potable; los cortes de pescado fueron refrigerados a 4 °C hasta su uso y las hojas clasificadas y acondicionadas para su empleo como envoltura. El pescado fue fraccionado en porciones estándar de 83.33 g, se pesaron los ingredientes específicos de cada preparación: para el maito, cebolla (15 g), pimienta (10 g), ajo (3 g) y sal (3 g); y para el Ayampaco, cebolla en rama (15 g), pimienta (10 g), ajo (5 g), palmito (18 g) y sal (3 g). En ambos casos, se utilizaron tres hojas del mismo tipo para envolver cada unidad experimental, sobre las cuales se colocaron los cortes de pescado y sus respectivos ingredientes, procediendo al amarre con hilo de algodón. La cocción se realizó mediante dos métodos: a carbón (15 minutos por lado) y al vapor (50 minutos), indistintamente para ambos platos. Finalmente, los productos fueron sometidos a un enfriamiento de 60 minutos y

sellados al vacío en fundas herméticas de 18×30 cm para garantizar su conservación y evitar contaminaciones.

Análisis bromatológicos en el Maito y Ayampaco

Obtención del pH y acidez

La medición del pH, se pesaron 10 g de lomo de pescado, el cual se diluyó con 100 ml de agua destilada en un mortero y se agitaron hasta obtener una sustancia líquida y se midió el pH con el potenciómetro¹¹. Por otro lado, para la medición de acidez las muestras fueron mezcladas con agua destilada y se filtró para obtener una solución líquida, esta solución se titula con una base estándar, como hidróxido de sodio, utilizando un indicador de pH para detectar el punto final de la reacción¹².

Determinación de ceniza y humedad

El contenido de ceniza se utilizó una mufla a por un tiempo de 3 horas 550°C para quemar la materia orgánica¹⁷. Mientras que para, las muestras fueron cortadas en trozos pequeños y mezclándola para homogeneizarla. Luego, se pesó una cantidad conocida de la muestra (W1) en un recipiente seco y previamente tarado y se secó en una estufa por 4 horas a 100-105° 4 horas¹⁸.

Determinación de grasa

El proceso de determinación de grasa en filetes de pescado Paiche consistió en homogenizar, se extrajo la grasa utilizando un solvente orgánico (éter de petróleo) en un equipo Soxhlet, se evaporó el solvente para obtener el residuo graso, y finalmente pesar este residuo para calcular su porcentaje en relación al peso inicial de la muestra seca¹⁹.

Determinación de proteína

La determinación de proteína se realizó mediante el método Kjeldahl, un procedimiento estándar en análisis de alimentos. Primero, se seleccionó y homogeneizó una muestra representativa de Paiche. Luego, se pesaron 2 gramos de la muestra y se sometieron a digestión en un matraz Kjeldahl²⁰.

Evaluación de los ácidos grasos en preparaciones tradicionales amazónicas: Maito y Ayampaco de Paiche

Para la determinación del perfil de ácidos grasos presentes en los platos elaborados a partir de *Arapaima gigas* (Maito y Ayampaco), se empleó cromatografía de gases acoplada a un detector de ionización de llama (GC-FID), conforme al método de referencia MMQ.HPLC-09. Previamente, los lípidos fueron sometidos a transesterificación ácida utilizando bortrifluoruro en metanol (BF₃-metanol al 14 %) como agente catalítico, con la adición de tolueno como co-solvente. La mezcla se incubó a 100 °C durante 45 minutos en condiciones anhidras, siguiendo adaptaciones del método descrito por Christie (1993). Los é-

teres metílicos de ácidos grasos (FAMES) obtenidos fueron posteriormente extraídos con hexano, secados con sulfato de sodio anhidro y concentrados para su análisis. Este procedimiento permitió identificar y cuantificar los distintos ácidos grasos presentes en las muestras, garantizando resultados precisos y reproducibles mediante la separación efectiva de los FAMES¹³.

Metales pesados

La determinación de metales pesados se realizó mediante espectrometría de absorción atómica con generación de vapor frío (CVAAS) para la determinación de mercurio de acuerdo a la metodología EPA 3005A, EPA 6010B, SM Ed. 23, 2017, 3120B / Espectroscopia de emisión atómica con plasma inductivo acoplado ICP, y la espectrometría de absorción atómica con llama (FAAS) para el análisis de plomo según el método SM, Ed. 23, 2017, 3112B / Espectrofotometría de AA generación de hidruro²².

Análisis microbiológicos

En los análisis microbiológicos se evaluaron los recuentos de microorganismos indicadores de calidad e inocuidad, incluyendo bacterias aerobias mesófilas, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, enterobacterias, coliformes totales, mohos y levaduras, conforme a los métodos establecidos por las normativas microbiológicas. Las muestras se incubaron en condiciones estandarizadas según el microorganismo: entre 35 – 37 °C por 24 – 48 h para bacterias y a 25 °C por 5 días para hongos y levaduras. Se hace énfasis que todos los análisis se realizaron por triplicado, evaluando la totalidad de los tratamientos¹¹.

RESULTADOS

Análisis bromatológicos en el Maito y Ayampaco

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis bromatológico del Maito y Ayampaco de paiche, evaluando el efecto de tres factores: tipo de corte (Factor A), tipo de hoja utilizada para envolver (Factor B) y método de cocción (Factor C). Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en varios de los parámetros analizados ($p < 0.05$).

El pH promedio en el Ayampaco fue ligeramente más alto en comparación con el Maito. Esta tendencia se mantuvo en la mayoría de combinaciones evaluadas. En cuanto al factor A, en el Maito, el corte de vientre presentó un pH más elevado (6.54) que el lomo (6.39). A diferencia del Ayampaco, el pH fue mayor en el corte de lomo (6.51) en comparación al vientre (6.27). Mientras que el factor B, Los valores de pH en el Maito se mantuvieron similares entre los tres tipos de hojas: bijao (6.46), plátano (6.48) y platanillo (6.46). Lo contrario al Ayampaco, donde el mayor pH se obtuvo con hoja de bijao (6.49). En relación al factor C, el método de cocción a

Tabla 2. Composición bromatológica del Maito y Ayampaco de paiche según tipo de corte, envoltura vegetal y método de cocción

Factor A												
	pH		Acidez (%)		Ceniza (%)		Humedad (%)		Grasa (%)		Proteína (%)	
	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco
Lomo	6,39 ^A	6,51 ^B	0,000514 ^A	0,000521 ^B	23,8 ^B	8,12 ^B	71,6 ^B	71,95 ^B	3,25 ^A	7,72 ^A	21,1 ^B	21,34 ^B
Vientre	6,54 ^B	6,27 ^A	0,000506 ^A	0,000498 ^A	7,95 ^A	7,07 ^A	68,72 ^A	71,16 ^A	21,51 ^B	10,92 ^B	18,17 ^A	18,35 ^A
Factor B												
	pH		Acidez (%)		Ceniza (%)		Humedad (%)		Grasa (%)		Proteína (%)	
	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco
Hoja de bijao	6,46 ^A	6,49 ^B	0,000526 ^A	0,000523 ^B	7,92 ^B	8,02 ^C	70,362 ^B	70,73 ^A	9,19 ^A	13,78 ^C	19,66 ^B	20,06 ^B
Hoja de plátano	6,48 ^A	6,26 ^A	0,000500 ^A	0,000505 ^A	33,019 ^C	7,55 ^B	70,324 ^{AB}	72,24 ^C	11,04 ^A	6,75 ^A	19,24 ^A	19,25 ^A
Hoja de platanillo	6,46 ^A	6,41 ^{AB}	0,000503 ^A	0,0005 ^A	6,68 ^A	7,22 ^A	69,81 ^A	71,71 ^B	16,92 ^A	7,43 ^B	20,00 ^B	20,23 ^B
Factor C												
	pH		Acidez (%)		Ceniza (%)		Humedad (%)		Grasa (%)		Proteína (%)	
	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco	Maito	Ayampaco
Cocción a carbón	6,41 ^B	6,51 ^B	0,000499 ^A	0,000485 ^A	19,32 ^B	8,25 ^B	69,53 ^A	71,5 ^A	13,49 ^B	7,28 ^A	20,66 ^B	20,87 ^B
Cocción a vapor	6,52 ^A	6,27 ^A	0,000521 ^B	0,534 ^B	12,42 ^A	6,94 ^A	70,79 ^B	71,61 ^A	11,37 ^A	11,35 ^B	18,61 ^A	18,82 ^A

* Los super índice muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos.

vapor resultó con mayor pH en el Maito (6.52) en comparación con la cocción a carbón (6.41). En el caso del Ayampaco, el pH fue más alto con cocción a carbón (6.51) que con cocción a vapor (6.27). Se hace énfasis que la variable pH mostró diferencias influenciadas principalmente por el tipo de corte en el Maito y por el tipo de hoja y método de cocción en el Ayampaco.

En relación al contenido de acidez de manera general, fueron muy bajos en ambos platos, con ligeras diferencias entre el Maito y el Ayampaco. En el factor A, el Maito, el corte de lomo mostró una acidez de 0.0005 %, mientras que el vientre fue ligeramente inferior (0.0005 %). Mientras que, en el Ayampaco, el lomo también presentó mayor acidez (0.0005 %) que el vientre (0.0004 %). Respectos al factor B, los valores de acidez en mayor contenido se encontró en Maito en hoja de bijao (0.0005%). En comparación con el Ayampaco, se observó una acidez menor en platanillo (0.0005 %). Respecto al factor C, en el Maito, la cocción a vapor mostró mayor aci-

dez (0.0005 %) que la cocción a carbón (0.0004 %). Y en el Ayampaco también se evidenció una acidez más alta con cocción a vapor (0.0005 %) frente a carbón (0.0004 %).

Los valores de acidez fueron similares entre el Maito y el Ayampaco, registrándose en la mayoría de los tratamientos un valor constante de 0.0005 %. En el Factor A, ambos platos presentaron valores próximos, con un ligero descenso en Ayampaco (0.0004 %) en uno de los tratamientos. Respecto al Factor B, no se observaron diferencias, manteniéndose en 0.0005 % en las combinaciones evaluadas. En el Factor C, los tratamientos mostraron comportamientos similares (0.0004 %) aunque se registró una variación notable en Ayampaco (0.534 %) en cocción a vapor.

Los valores de humedad fueron similares entre el Maito y el Ayampaco, aunque en algunos tratamientos específicos el Ayampaco presentó una ligera tendencia a valores sobresalientes. En el factor A, el Ayampaco presentó mayor contenido (71.95 %) mientras que el Maito obtuvo el menor va-

lor (68.72%). Asimismo, en el factor B, el Ayampaco sobresalió con 72.24 % a diferencia del Maito con 69.81 %. Dentro del factor C, el Ayampaco no presentó diferencia significativa sin embargo por el método de cocción a vapor se obtuvo el mayor contenido (71.61 %), mientras que el Maito en cocción a carbón presentó menor contenido.

Los valores de grasa fueron variables entre el Maito y el Ayampaco, observándose en general una mayor concentración en el Maito. En el factor A, el Maito alcanzó un mayor (21.51 %), mientras que el Ayampaco mostró valores más bajos (7.72 %). De manera similar, en el factor B, el Maito presentó un contenido de grasa más elevado en hojas de platanillo (16.92 %) frente al Ayampaco, que registró un valor máximo de 13.78 % en hoja de bijao y un mínimo de 6.75 % en hoja plátano. En cuanto al factor C, el Maito mantuvo valores relativamente constantes (13.49 % y 11.37 %), mientras que el Ayampaco varió entre 7.28 % y 11.35 %, observándose el menor contenido de grasa en los tratamientos sometidos a cocción al vapor.

En cuanto a los valores de proteína fueron ligeramente representativo en el Ayampaco que en el Maito en la mayoría de los tratamientos. El factor A, el Maito, el corte de lomo presentó un contenido proteico mayor (21.1 %) en comparación con el vientre (18.17 %). En el Ayampaco se observó

una tendencia similar, con valores de 21.34 % para el lomo y 18.35 % para el vientre. Por otro lado, el factor B, demostró en el Maito sobresalió en hoja de platanillo (20 %) y menor contenido en hoja de plátano (19.24 %). Asimismo, en el Ayampaco, la mayor concentración también se registró con hoja de platanillo (20.23 %) y menor concentración en hoja plátano (19.25 %). Los valores presentados en el factor C, la cocción a carbón presentó los valores significativos de proteína en ambos platos: 20.66 % en el Maito y 20.87 % en el Ayampaco. En comparación, a la cocción a vapor mostró contenidos menores: 18.61 % en el Maito y 18.82 % en el Ayampaco.

Evaluación de los ácidos grasos en preparaciones tradicionales amazónicas: Maito y Ayampaco de Paiche

El análisis del perfil de ácidos grasos saturados (Figura 1) en preparaciones tradicionales de paiche reveló variaciones sutiles entre el Maito y el Ayampaco. Obteniendo así resultados en el ácido mirístico (C14:0) un valor de 2,77 % en Maito y 2,84 % en Ayampaco. Se hace énfasis que este ácido, de cadena media, está relacionado con funciones estructurales en membranas celulares y puede influir en la bio-disponibilidad de otros lípidos. Mientras que, el contenido de

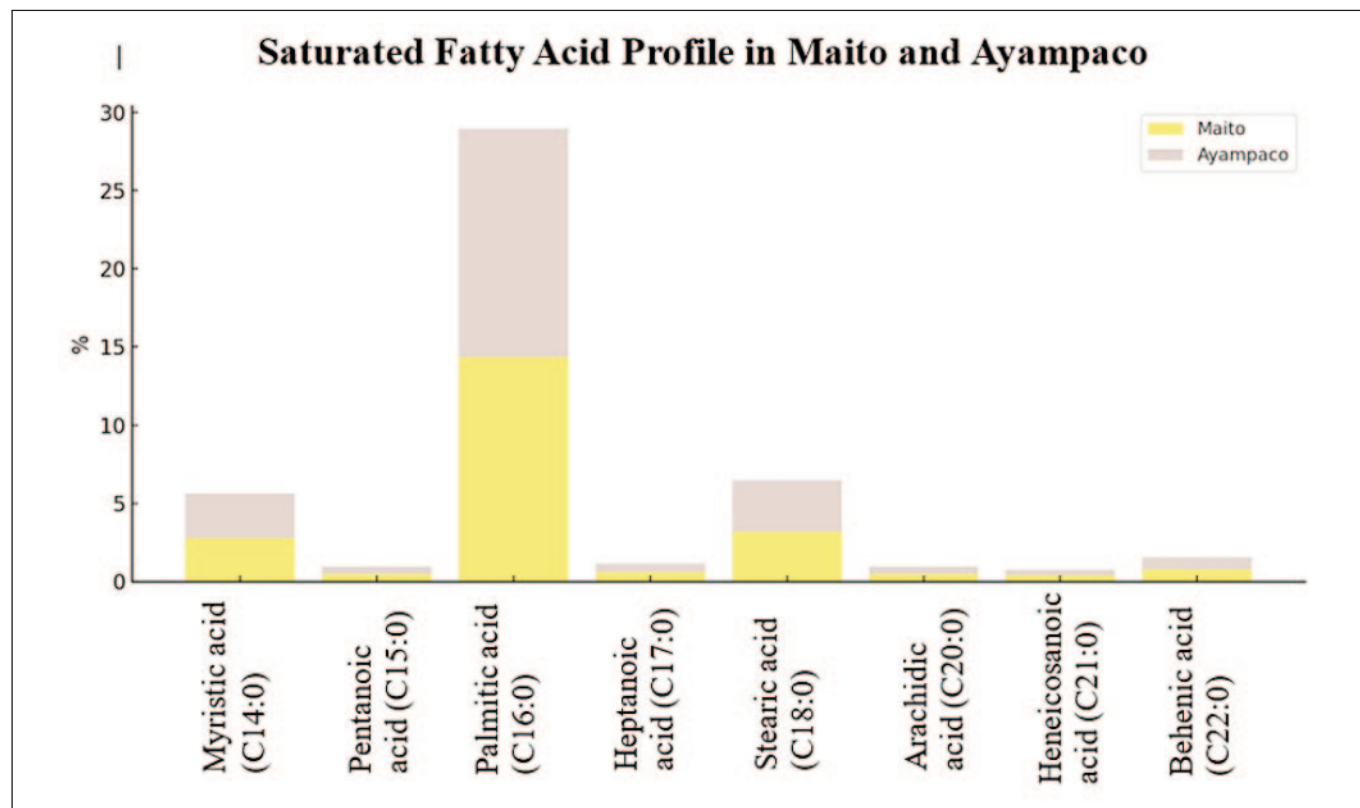


Figura 1. Perfil de Ácidos Grasos Saturados en Maito y Ayampaco

ácido pentanoico (C15:0) fue similar entre ambos tratamientos con 0,48 % en Maito y 0,47 % en Ayampaco. En cuanto al ácido palmítico (C16:0) fue el ácido graso saturado más abundante en ambas preparaciones, con 14,36 % en Maito y 14,63 % en Ayampaco. Esta predominancia es consistente con lo reportado en especies de peces tropicales, ya que este ácido es un componente fundamental de los lípidos estructurales en tejidos musculares. En cuanto al ácido heptanoico (C17:0), los valores fueron cercanos entre las muestras: 0,57 % para Maito y 0,56 % para Ayampaco. Si bien se presenta en bajas concentraciones, su detección contribuye al perfil característico del paiche y puede actuar como un marcador de diferenciación de especies o métodos de cocción. Por otro lado, el ácido esteárico (C18:0) también mostró una ligera diferencia entre tratamientos, con 3,17 % en Maito y 3,30 % en Ayampaco. Este ácido, aunque saturado, ha demostrado tener efectos neutros o incluso beneficiosos sobre el perfil lipídico plasmático humano, lo cual podría sumar al valor nutricional del producto. Con relación al contenido de ácido araquídico (C20:0) se encontró en mayor proporción en el Ayampaco (0,48 %) en comparación con el Maito (0,46 %). Este ácido de cadena larga, aunque minoritario, puede aportar a la estabilidad térmica del producto durante la cocción. En relación con el ácido heneicosanoico (C21:0) presentó la misma proporción en ambas preparaciones (0,37 %), lo que indica una estabilidad en su

presencia sin verse afectado por el método de cocción o tipo de envoltura vegetal. Por último, el ácido behémico (C22:0) mostró un leve incremento en el Ayampaco (0,78 %) respecto al Maito (0,74 %). Este ácido, aunque poco común, está presente en ciertas grasas animales y vegetales, y su ligera variación puede deberse a diferencias en la transferencia lipídica inducida por el calor y el contacto con la envoltura vegetal.

En la Figura 2 se presenta la composición de ácidos grasos insaturados en el Maito y Ayampaco de paiche reveló diferencias mínimas pero relevantes desde el punto de vista nutricional. Respecto al ácido palmitoleico (C16:1) presentó un contenido ligeramente superior en el Maito (3,18 %) en comparación del Ayampaco (3,09%), lo cual podría estar relacionado con el tipo de cocción o interacción con la envoltura vegetal, y sugiere una mejor retención de este ácido monoinsaturado en el Maito. En cuanto al ácido *cis*-10 heptadecenoico (C17:1), ambos productos mostraron valores similares, con una ligera ventaja para el Maito (0,27 %) sobre el Ayampaco (0,25 %), indicando que este ácido graso, de menor abundancia, se conserva de manera comparable en ambos métodos. En cuanto al ácido oleico (C18:1n9cis) fue el componente mayoritario dentro de los ácidos grasos insaturados en ambos tratamientos, con una concentración levemente superior en el Ayampaco (14,83%) en comparación

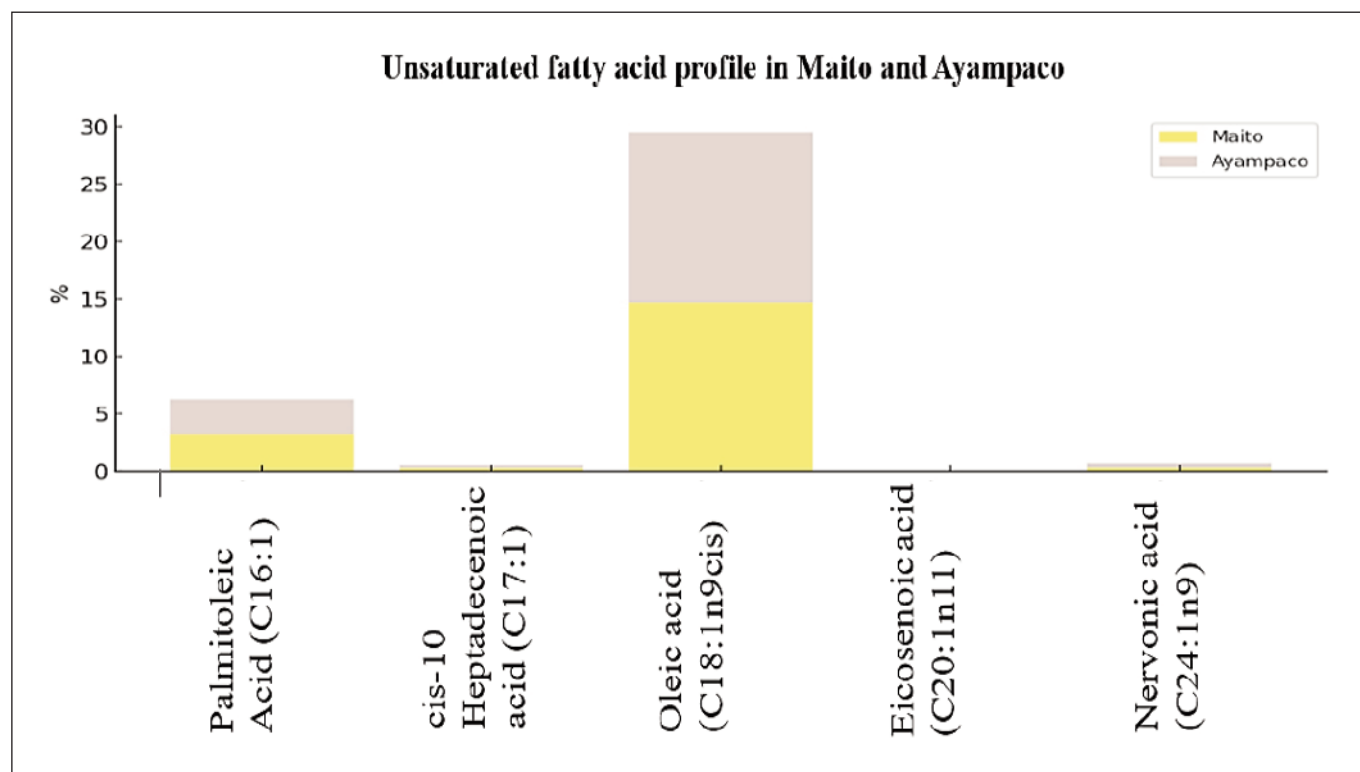


Figura 2. Perfil de ácidos grasos insaturados en Maito y Ayampaco

con el Maito (14,7%). Este ácido graso es de gran interés por sus efectos beneficiosos sobre la salud cardiovascular, y su alta presencia resalta la calidad lipídica del paiche, independientemente del método de preparación. Mientras que, el ácido eicosenoico (C20:1n11) no fue detectado en ninguna de las muestras, lo que indica su posible ausencia natural en el tejido del paiche o su degradación total durante el procesamiento térmico. En cuanto, al ácido nervónico (C24:1n9) mostró concentraciones similares en ambos productos, con 0,34% en Maito y 0,35% en Ayampaco. Este ácido graso de cadena larga tiene relevancia en el desarrollo y mantenimiento del sistema nervioso, por lo que su presencia, aunque modesta, puede considerarse valiosa.

En la Figura 3 que pueden visualizar la caracterización de los ácidos grasos poliinsaturados en el Maito y el Ayampaco de paiche evidenció perfiles nutricionales similares, con algunas diferencias cuantitativas relevantes. El ácido linoleico (C18:2n6cis), un ácido graso esencial de la familia omega-6, presentó los valores más representativos en ambos platos, con un 29,95 % en Maito y 29,67 % en Ayampaco, lo que indica una abundante presencia de este compuesto en ambas preparaciones, siendo ligeramente mayor en el Maito. En relación al ácido linolénico (C18:3n3), un omega-3 esencial, mostró una alta proporción, con 4,83 % en Maito y 4,71 % en Ayampaco, manteniendo una buena relación omega-6/omega-3. En cuanto al ácido eicosadienoico (C20:2n6), otro de los componentes dentro del omega 6.

Se observó un contenido similar entre ambas preparaciones: 0,48% en Maito y 0,47% en Ayampaco. En relación con el ácido araquidónico (C20:4n6), con funciones relevantes en procesos fisiológicos, mostró valores cercanos con 3,07% en Maito y 3,12% en Ayampaco. Asimismo, el ácido eicosapentaenoico (C20:5n3) EPA, reconocido por sus beneficios cardiovasculares, se encontró en proporciones comparables con 3,21% en Maito y 3,24% en Ayampaco. Mientras que, el ácido docosadienoico (C22:2n6), aunque en menor proporción, estuvo presente en ambos productos, con 0,39% en Maito y 0,40% en Ayampaco. Por su parte, el ácido docosahexaenoico (C22:6n3) DHA, de gran importancia para el desarrollo neurológico y la salud visual, tuvo una representación significativa, siendo ligeramente superior en el Ayampaco (16,73%) frente al Maito (16,14%). De igual manera, el ácido cis-8,11,14 eicosatrienoico (C20:3n8) fue detectado únicamente en el Ayampaco (0,21%), mientras que el ácido cis-11,14,17 eicosatrienoico (C20:3n11) no fue detectado en ninguno de platos. De tal manera que, los perfiles muestran que tanto el Maito como el Ayampaco constituyen fuentes valiosas de ácidos grasos poliinsaturados, con un balance favorable entre omegas 3 y 6, lo cual aporta valor nutricional al consumo de las preparaciones tradicionales amazónicas.

Metales pesados

El análisis de metales pesados en las preparaciones tradicionales de Maito y Ayampaco de paiche presentados en la

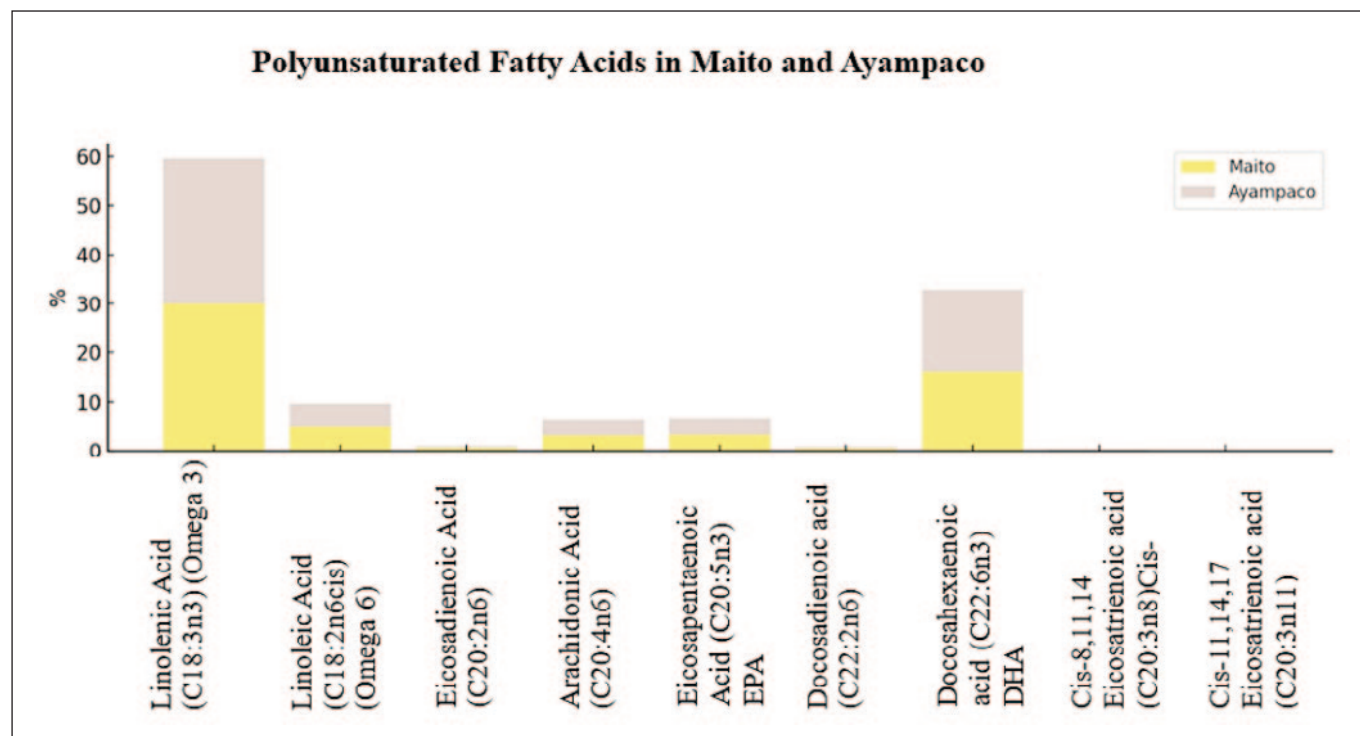


Figura 3. Ácidos Grasos Poliinsaturados en relación a los tipos de plato típico

Tabla 3. Resultados del análisis de metales pesados en Maito y Ayampaco

Plato tradicional	Parámetro	Resultados (mg/kg)
Maito	Plomo	0,07
	Mercurio	<0,10
Ayampaco	Plomo	0,07
	Mercurio	<0,10

tabla 4 reveló concentraciones de plomo (Pb) de 0,07 mg/kg. Mientras que, en ambos casos (Maito y Ayampaco), los niveles de mercurio fueron inferiores al límite de detección (<0,10 mg/kg) indicando que no se detectó mercurio en cantidades cuantificables en las muestras analizadas, lo cual es positivo desde el punto de vista de la inocuidad alimentaria, ya que el mercurio es un metal altamente tóxico incluso en bajas concentraciones.

Análisis microbiológicos

En la muestra de maito, los niveles de microorganismos aeróbicos mesófilos (aerobios) oscilan entre 0,002 y 0,011 UFC/mL, indicando una presencia baja y relativamente estable de estos microorganismos en los distintos.

La presencia de *Salmonella* varía entre 0,0 y 0,1 UFC/mL, mostrando valores más altos en las primeras muestras y descendiendo a cero en varias de las últimas, lo que podría indicar un mejor control microbiológico en esas fases. En cuanto a *E. coli* Azul, no se detecta en ninguna de las muestras, lo cual es un indicador positivo de inocuidad alimentaria. Las enterobacterias presentan valores que fluctúan, con un máximo de 0,24 UFC/mL en el T3, aunque en varios tratamientos los niveles son nulos. Esto indica contaminación variable posiblemente relacionada con las condiciones de preparación o almacenamiento. Por otro lado, los coliformes también muestran una tendencia decreciente; en algunos tratamientos están presentes (con valores como 0,1 - 0,08 UFC/mL), pero en otros son inexistentes. Finalmente, moho y levadura aparece en pocos tratamientos y en concentraciones muy bajas

Tabla 4. Resultados de análisis microbiológicos de los tratamientos de Maito y Ayampaco

Tratamientos	Maito						Ayampaco					
	Aerobios (UFC/mL)	Salmonella (UFC/mL)	E. Coli Azul (UFC/mL)	Enterobacterias (UFC/mL)	Coliformes (UFC/mL)	Moho y Levadura (UFC/mL)	Aerobios (UFC/mL)	Salmonella (UFC/mL)	E. Coli Azul (UFC/mL)	Enterobacterias (UFC/mL)	Coliformes (UFC/mL)	Moho y Levadura (UFC/mL)
1	0,011	0,1	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,004	0,02	0	0,22	0,1	0	0	0	0	0	0	0
3	0,008	0,03	0	0,24	0,1	0,008	0,001	0,01	0	0,02	0	0
4	0,004	0,01	0	0,03	0,1	0,005	0,002	0	0	0,03	0,02	0
5	0,002	0,0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0,01	0
6	0,01	0,0	0	0	0,03	0	0,132	0,19	0	0	0	0,003
7	0,006	0,01	0	0,01	0	0,004	0,015	0,02	0	0,01	0	0
8	0,003	0	0	0,20	0,07	0	0,020	0	0	0	0,01	0
9	0,007	0,02	0	0,05	0,02	0,006	0,005	0,15	0	0	0	0,002
10	0,005	0	0	0,18	0,08	0	0	0,01	0	0,02	0	0
11	0,009	0,03	0	0	0	0,002	0,010	0	0	0,01	0,01	0
12	0,004	0	0	0,10	0,05	0	0,040	0	0	0	0	0,001

(máximo de 0,008 UFC/mL), lo cual indica escasa contaminación fúngica.

En el caso del Ayampaco, los datos reflejan un perfil microbiológico aún más limpio en general. Los aerobios son prácticamente inexistentes en la mayoría de los tratamientos, salvo algunos picos moderados (como 0,132 T6 y 0,04 en el T12). Mientras que, la *Salmonella* aparece en muy pocas muestras y con valores bajos, siendo nula en la mayoría de los tratamientos, demostrando buenas prácticas sanitarias en la elaboración. En cuanto al *E. coli* Azul no se detecta en ninguna muestra de Ayampaco, lo que también refuerza su inocuidad desde el punto de vista bacteriológico. Por otro lado, la presencia de enterobacterias es mínima, con solo ligeras concentraciones en tratamientos específicos (máximo de 0,03 UFC/mL). En relación, a los coliformes se registran ocasionalmente (con un valor máximo de 0,02 UFC/mL). En cuanto a moho y levadura, el Ayampaco mantiene niveles casi nulos, con algunos valores muy bajos detectados esporádicamente (como 0,003 - 0,001 UFC/mL). De tal manera, que el Ayampaco presenta un perfil microbiológico muy limpio, superior incluso al del Maito, especialmente en lo que respecta a la ausencia casi total de bacterias patógenas e indicadores de contaminación.

DISCUSIÓN

Análisis bromatológicos en el Maito y Ayampaco

Los valores de pH presentados en la Tabla 2 se encuentran dentro del rango permisible según la Norma Técnica Ecuatoriana 0183:2012, la cual establece valores de pH de 6.5 y 6.8 en pescado fresco y congelado para consumo directo¹⁵. Por otro lado, en otras especies como *Laubuka dadiburjori* el método de conservación puede variar significativamente de tal manera que se determinaron valores de 6.8 en pescado fresco y 5.9 después del proceso de enlatado¹⁶.

En los diferentes platos evaluados se observó variabilidad en los niveles de acidez, siendo el tipo de corte un factor determinante, especialmente en la preparación del Ayampaco. Esta tendencia concuerda con estudios en donde se identificaron diferencias significativas en la acidez según la parte del paiche utilizada: el lomo presentó un valor más alto (0.56%) en comparación con la panza (0.44%) durante el enlatado³. También es importante considerar que el tipo de envoltura o empaque puede influir en la acidez del producto final. En el caso específico de las hojas de plátano, tradicionalmente utilizadas en la Amazonia, éstas generan un microambiente húmedo y ligeramente alcalino durante el tratamiento térmico¹⁷.

Por otro lado, el contenido de cenizas en los platos tradicionales Maito y Ayampaco mostró diferencias significativas entre ellos, indicando que las variables involucradas en su preparación, como el tipo de envoltura vegetal, el método de cocción y el corte del pescado, pueden influir directamente en la concentración de minerales presentes. Cabe destacar que

los valores de cenizas obtenidos en este estudio fueron superiores a los reportados en estudios que al utilizar técnicas de ahumado en filetes de paiche (*A. gigas*), alcanzaron un valor de 2.4%⁸.

Los valores de humedad obtenidos (Tabla 2) muestran una variabilidad entre los platos gastronómicos. Es necesario mencionar que la cocción al vapor utilizando hojas de musáceas como envoltorio no sólo contribuye a una cocción homogénea, sino que también favorece la retención de jugos y nutrientes del pescado, reduciendo así la pérdida de humedad. Además, este método tradicional proporciona características organolépticas distintivas, como aromas y sabores únicos²². Asimismo, al elaborar embutidos con vieja azul (*Andinoacara rivulatus*), obtuvieron valores similares, entre 62.72% y 63.82% lo que refuerza el potencial de las prácticas tradicionales como alternativas viables para la conservación de alimentos¹¹.

En cuanto al contenido de lipídico, en el presente estudio presentaron valores superiores, en comparación con estudios en los que se prepararon filetes de paiche (*A. gigas*) utilizando técnicas de ahumado a baja temperatura, donde se obtuvo un valor de 1.10%⁸. Por otro lado, al utilizar métodos de cocción tradicionales y no convencionales, especies como el salmón fresco (*Salmo salar*) y los filetes frescos de carpa (*Cyprinus carpio*) reportaron contenidos de grasa que oscilaron entre 14.32% - 15.01%, valores comparables a los obtenidos en el presente estudio¹⁹. Se hace énfasis que el tipo de envoltura vegetal utilizada durante la cocción puede influir significativamente en el contenido graso del producto final, al actuar como una barrera física que limita la pérdida de lípidos²⁴.

Los valores obtenidos en relación al contenido proteico en los platos tradicionales de Maito y Ayampaco muestran concordancia en filetes de paiche (*A. gigas*) procesados mediante técnicas de ahumado a baja temperatura quienes observaron un contenido proteico de aproximadamente 18.70%⁸. Esta similitud indica que, a pesar de las diferencias en los métodos de preparación, los tratamientos térmicos utilizados en las prácticas culinarias tradicionales son eficaces para preservar la fracción proteica del pescado. Por otro lado, el uso de envoltorios vegetales, como el bijao o las hojas de plátano, ha demostrado contribuir a la preservación del contenido proteico durante la cocción, debido a que los compuestos bioactivos presentes en su estructura podrían ejercer un efecto protector frente a los tratamientos térmicos²⁵.

Evaluación de los ácidos grasos en preparaciones tradicionales amazónicas: Maito y Ayampaco de Paiche

Los resultados obtenidos en el perfil de ácidos grasos saturados en Maito y Ayampaco (Figura 1) demostraron que el ácido palmítico fue el componente más abundante dentro de

esta fracción lipídica. Estos resultados concuerdan con alimentos procesados a base de pescado y mariscos, en los cuales se ha reportado una proporción de ácido palmítico entre 11.90% y 28.31%²². En cuanto al perfil de ácidos grasos insaturados en Maito y Ayampaco (Figura 2). Los niveles de ácido oleico encontrados en Maito y Ayampaco fueron similares a los reportados en paiche (13.6%) los cuales fueron cultivados sistemas de producción semi-intensiva²³. El contenido de ácido palmitoleico superó ligeramente los valores en lomos de Paiche con un valor de 2.6%²⁴. Por otro lado, la baja proporción de C17:1 concuerda con estudios en tilapia (0.30%)²⁵, y la ausencia de C20:1n11 coincide en estudios sobre la influencia de temperaturas en los ácidos grasos²³

Respecto al análisis del perfil de ácidos grasos poliinsaturados en Maito y Ayampaco (Figura 3) evidencia un alto valor nutricional, destacando compuestos esenciales como el ácido linoleico (C18:2n6) fueron superiores en músculos crudo de *A. gigas* (19.02%)²⁶. Por otro lado, en estudios donde evaluaron diferentes técnicas de cocción sobre la composición de ácidos grasos en marlín (*Makaira nigricans*) y merluza (*Merluccius productus*) encontró que en hoja de plátano ayudó a conservar mejor los ácidos grasos poliinsaturados en comparación con otros métodos²⁷. De tal manera los resultados indican que las prácticas culinarias tradicionales, que incorporan técnicas como el uso de envolturas vegetales, no solo aportan valor cultural, sino que también tienen un impacto positivo en la conservación de nutrientes esenciales, destacando la importancia de considerar estos métodos en la promoción de dietas saludables y sostenibles

Resultados del análisis de metales pesados en Maito y Ayampaco

Los resultados obtenidos del análisis de metales pesados en el Maito y el Ayampaco revelan concentraciones de plomo de 0.07 mg/kg y niveles de mercurio por debajo del límite de detección (<0.10 mg/kg). Estos valores son considerablemente bajos en comparación con los reportados en otros estudios sobre la ingesta de peces en zonas tropicales, donde se han registrado concentraciones de hasta 0.3 mg/kg para plomo y 0.5 mg/kg para mercurio²⁸. De acuerdo con los límites establecidos por organismos internacionales como la FAO/OMS (2011), que recomiendan un valor máximo de 0.3 mg/kg para plomo y 0.5 mg/kg para mercurio en productos pesqueros²⁹, los valores obtenidos en ambos productos tradicionales se encuentran dentro de los márgenes permisibles

Análisis microbiológicos de los tratamientos de Maito y Ayampaco

El análisis microbiológico de los tratamientos aplicados en las preparaciones tradicionales amazónicas del Maito y al Ayampaco, se encontraron diferencias sustanciales en la carga microbiana entre ambos métodos, particularmente en los conteos de aerobios mesófilos, enterobacterias, coliformes

y mohos/levaduras. Cabe mencionar que, los tratamientos de Ayampaco mostraron cargas microbianas más bajas o nulas en la mayoría de los parámetros evaluados. Ambos productos presentaron niveles microbianos que se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos para alimentos cocidos listos para el consumo, conforme a lo estipulado por organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), establece un umbral de $\leq 10^3$ UFC/g para la carga total de microorganismos aeróbicos mesófilos.

Adicionalmente, los resultados se alinean con lo dispuesto en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 183. la cual establece límites específicos para la presencia de microorganismos indicadores de higiene e inocuidad, garantizando así que los valores obtenidos estén por debajo de los niveles de riesgo sanitario³⁰. Estos resultados no solo permiten validar la inocuidad de los métodos tradicionales de conservación y cocción, sino que también destacan oportunidades de mejora en la estandarización del Maito y Ayampaco para garantizar su seguridad microbiológica sin comprometer su valor cultural y sensorial.

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que las preparaciones tradicionales de Maito y Ayampaco a base de paiche (*Arapaima gigas*), elaboradas mediante métodos de conservación ancestrales propios de la región amazónica ecuatoriana, presentan una composición nutricional destacada y estable. Los análisis bromatológicos revelaron un adecuado contenido de macronutrientes, especialmente proteínas de alto valor biológico y perfiles diferenciados de humedad, grasa y cenizas según el tipo de corte, envoltura vegetal y método de cocción. Por otra parte, el estudio detallado del perfil lipídico evidenció una presencia significativa de ácidos grasos poliinsaturados, incluyendo omega-3 y omega-6, con proporciones que favorecen la salud cardiovascular, así como un contenido equilibrado de ácidos grasos saturados e insaturados. Los análisis de metales pesados reflejaron niveles por debajo de los límites permitidos para plomo y mercurio, lo que respalda aún más la seguridad del consumo de estos productos tradicionales. Además, los análisis microbiológicos confirmaron la inocuidad de los productos, lo que valida la eficacia de las técnicas tradicionales en la preservación de alimentos. De tal manera se puede concluir que, los resultados obtenidos no solo revalorizan el conocimiento ancestral como una herramienta válida para la conservación de alimentos en contextos rurales y biodiversos, sino que también evidencian su potencial como fuente nutricional estratégica. Asimismo, el estudio aporta evidencia científica sólida que respalda la inclusión de estas preparaciones en políticas de seguridad alimentaria, al tiempo que promueve la preservación del patrimonio alimentario y cultural de los pueblos amazónicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Heredia M, Torres B, Cabrera-Torres F, Torres E, Díaz-Ambrona C, Pappalardo S. Land Use and Land Cover Changes in the Diversity and Life Zone for Uncontacted Indigenous People: Deforestation Hotspots in the Yasuní Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Forests*. 2021; 12(11): p. 1539. doi:<https://doi.org/10.3390/f12111539>
2. Morquecho-Saltos J, Quezada-Quezada P. La alimentación ancestral amazónica y su impacto en el enfoque empresarial de la provincia de Morona Santiago. *Revista Killkana Sociales*. 2017; 1(1): p. 17-22. <https://doi.org/10.26871/killkanasocial.v1i1.10>
3. Neira-Mosquera JA, Guayan-Patiño JA, Sánchez-LLaguno SN, Revilla-Escobar KY, Aldas-Morejon JP, Raju-Maddela N. Aplicación de nisina y lactobacillus plantarum como bioconservantes en salchicha a partir de dos especies de pescados: tilapia (*Areochromis niloticus*) y paiche (*Arapaima gigas*). *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025; 45(1). <https://doi.org/10.12873/451karol>.
4. Casado-Del Castillo P, Chu-Koo FW, Akifumi-Ono E, Gusmao-Affonso E. Growth and blood chemistry of juvenile paiche or pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) in relation to dietary protein concentration. *Folia Amazonica*. 2020; 29(2): p. 279-297. <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.506>
5. Salazar-Londoño A. La geolocalización en la cocina local de la región amazónica. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato; 2021. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e9a15dac-2a5e-4ddc-9a16-8fba3242737b/content>
6. Shimpu-Chuim K. Sistematización de los saberes de la gastronomía achuar para complementar y enriquecer de los contenidos del área de ciencias sociales. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana SEDE Quito; 2018. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15510/1/UPS-QT12666.pdf>
7. Borbor-Suárez D, Santana E. Elaboración de jamón cocido y ahumado de pescado con fécula de soya (Glucine max) y maíz (Zea maíz) como una alternativa alimenticia. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. 2019. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/elaboracion-jamon-cocido.html>
8. Roldán-Acero D, Molleda-Ordóñez A, Luján-Tantarico D, Omote-Sibina J. Elaboración de filite sin piel de paiche (*Arapaima gigas*, curver 1829) ahumado a baja temperatura. *Ingeniería Industrial*; 39: p. 189-203. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4921>
9. Speranza B, Racioppo A, Bevilacqua A, Buzzo V, Marigliano P, Mocerino E, et al. Innovative Preservation Methods Improving the Quality and Safety of Fish Products: Beneficial Effects and Limits. *Foods*. 2021; 10(11): p. 2854. <https://doi.org/10.3390/foods10112854>
10. Aguiar-Novillo SN, Enríquez-Estrella MÁ, Chicaiza-Reisancho ER, Uvidia-Cabadiana HA. Técnicas más utilizadas para conservación de productos pesqueros de la amazonia ecuatoriana. *Ciencia Y Tecnología*. 2024; 17(2): p. 73-79. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i2.718>
11. Medina M, García-Gimeno , Neira-Mosquera JA, Barrera A, Posada-Izquierdo GD. Nutritional and Organoleptic Characteristics of Sausage Based on an Autochthonous Ecuadorian Fish, Old Blue (*Andinoacara rivulatus*). *Foods*. 2024; 13(9). <https://doi.org/10.3390/foods13091399>
12. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. Ecuadorian Technical Standard NTE INEN. 183: 2013. Pescado fresco refrigerado o congelado. Requisitos. Quito.
13. Alonso-Sobrado L, Freije-Carrelo L, Moldovan M, Ruiz-Encinar J, García-Alonso I. Comparison of gas chromatography-combustion-mass spectrometry and gas chromatography-flame ionization detector for the determination of fatty acid methyl esters in biodiesel without specific standards. *J Chromatogr A*. 2016; 1457: p. 134-143. doi:10.1016/j.chroma.2016.06.033
14. Senior W, Cornejo-Rodríguez M, Tobar J, Ramírez M, Márquez A. Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador. *Zootecnia Trop*. 2016; 34(2): p. 143-153.
15. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 0183:2012. Fresh, chilled, and frozen fish. Requirements. Quito; 2012.
16. Reza S, Karmaker , Hasa-Rony M, Roy S, Hoque R, Rahman N. Effect of Traditional Fish Processing Methods on the Proximate and Microbiological Characteristics of Laubuka dadiburjori During Storage at Room Temperature. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 2015; 10(4): p. 232-243. doi:10.3923/jfas.2015.232.243
17. Morales-Paredes YR, Cautle-Cuatzo KM, Diaz-Blas MdJ, Maldonado-Resendiz JÁ. Uses of banana leaf (*Musa paradisiaca* L.) in gastronomy. *Rev. Gastronomía y cocina*. 2024; 3(1). <https://doi.org/10.70221/rgc.10619494>
18. Sedó-Masís PE, Cerdas-Núñez MM, González-Arce R. Hojas y otros productos naturales con fines utilitarios en la cocina tradicional de Costa Rica. *Perspectivas rurales*. 2024; p. 1-25. <http://doi.org/10.15359/prne.22-44.9>
19. Măzărel A, Rădoi-Encea RŞ, Pădureanu V, Maier A, Matei F. The Influence of Different Cooking Techniques on the Biochemical, Microbiological, and Sensorial Profile of Fish-Based Catering Products. *Appl. Sci*. 2025; 15(8). <https://doi.org/10.3390/app15084417>
20. Cañas-Carvajal PD, Capacho-Tirado DF. Barrancaberna y su gastronomía, un tesoro poco explorado. 2019; 22: p. 119-129. <https://doi.org/10.29375/21457190.3705>
21. Bravo Rá. La trilogía del envuelto: Las hojas de las plantas como recurso utilitario en el contexto alimentario, más allá de la estética y la funcionalidad - Una revisión bibliográfica. In Simposio Internacional de Diseño, Comunicación y Cultura; 2022. <https://www.fadp.edu.co/wp-content/uploads/2022/12/Memorias-XIII-SIMPOSIO-2022.pdf>
22. Nava V, Lo Turco V, Licata P, Panayotova V, Peycheva K, Fazio F, et al. Determination of Fatty Acid Profile in Processed Fish and Shellfish Foods. *Fods*. 2023; 12(13). <https://doi.org/10.3390/foods12132631>
23. Coutinho NM, Vilhena da Cruz Silva-Canto AC, Teixeira-Mársico E, Da Silva FA, Moura-Keller LA, Conte-Junior CA, et al. Fatty acid composition and influence of temperature on the lipid stability of *Arapaima gigas* meat. *J. Food Technol*. 2019;(22). <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13218>

24. Marques-Rocha AS, Vargas-Baldi SC, Rodrigues-De Sousa ML, Laurindo-Rosa B, Soares-Silva E, Bianchini-Pontuschka R, et al. Proximate composition, energy value, and lipid quality in loin in different weight classes of pirarucu (*Arapaima gigas*) from fish farming. *Bol. Inst. Pesc.* 2023; 49. <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/1845/1590>
25. Paggi-Matos Â, Castelo-Matos A, Siegel-Moecke EH. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. *Braz. J. Food Technol.* 2019; 22. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.19318>
26. Pandolfo-Marmentini R, Dantas-Filho JV, Brito-Dos Santos R, Amaringo-Cortegano CA, Cavali J. Lipid Quality of Amazonian's Native Fish, Overview and Market Outlook of Brazilian Fish Farming. *Rev. Brasileira Multidisciplinar.* 2024; 27(1). <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2024.v27i1.1684>
27. Castro-González M, Carrillo-Domínguez S. Impacto de seis técnicas de cocción sobre la composición de ácidos grasos en marlín (*Makaira nigricans*) y merluza (*Merluccius productus*). *Nutrición Hospitalaria.* 2015; 32(3): p. 1289-1299. https://www.nutricionhospitalaria.org/articles/H1710/show?utm_source=chatgpt.com#!
28. Vargas-Licon S, Marrugo-Negrete J. Mercurio, metilmercurio y otros metales pesado en peces de colombia: riesgo por ingesta. *Acta Biológica Colombiana.* 2019; 24(2). <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>
29. Food and Agriculture Organization. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos; 2017.
30. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. NTE INEN 183: 2013. *Meat and meat products – Microbiological criteria*. Quito (EC): INEN; 2013.

Efecto protector de la ingesta de cáscara del *Citrus aurantifolia* (limón) frente al daño hepático inducido por etanol en ratones

Protective effect of ingesting *Citrus aurantifolia* (lemon) peel against hepatic damage induced by ethanol in mice

César Adolfo FLORES VALLE¹, Grace PALACIOS LEIVA², José Benjamín CABALLERO CALAMPA³,
Óscar Gabriel PAJUELO RÍOS⁴, José Manuel HUAMÁN GUTIÉRREZ⁵, Óscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ⁶

1 Hospital de Emergencias Villa El Salvador - MINSA -Escuela Profesional de Nutrición -Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

2 Hospital Uldarico Rocca Fernández – EsSalud - Escuela Profesional de Nutrición - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3 Hospital Nacional Hipólito Unanue – Escuela Profesional de Nutrición - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4 Escuela Profesional de Nutrición – Facultad de Medicina - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

5 Doctor en Estadística – Departamento Académico de Estadística - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

6 Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 29/mayo/2025. Aceptado: 29/julio/2025.

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades hepáticas en el Perú constituyen una importante causa de morbilidad y mortalidad. El consumo de etanol aumenta el riesgo de las personas a desarrollar cirrosis hepática y otras enfermedades más.

Objetivo: Determinar el efecto protector de la ingesta de cáscara del *Citrus aurantifolia* (limón) frente al daño hepático inducido por etanol en ratones (*Mus musculus*).

Materiales y métodos: Estudio experimental, aleatorizado. Se emplearon 35 ratones *Mus musculus* machos adultos. Se utilizaron las cáscaras de *Citrus aurantifolia* (limón), que se obtuvieron por pelado manual, y luego fue secada en estufa a 40 °C por 72 horas, luego se molió en molino y posteriormente se tamizó. Se suspendió en un medio coloidal de agua con fécula de maíz al 1%. Los ratones fueron distribuidos de forma aleatoria en cinco grupos (n=7), recibiendo los siguientes tratamientos, por cinco días, vía peroral: grupos I y II suspensión de almidón 1%, grupo III: silimarina 100 mg/kg

en suspensión de almidón 1%; grupo IV: cáscara de limón 100 mg/kg y grupo V: cáscara de limón 400 mg/kg. Durante el periodo de tratamiento el grupo I solo recibió en su bebedero solución de glucosa 5%, mientras que los grupos del II-V recibieron en sus bebederos etanol al 5% en solución glucosada (5%) para consumo *ad libitum*. Al sexto día, concluido el tratamiento, se les mantuvo en ayuno de 12 horas y posteriormente fueron sacrificados.

Resultados: Los grupos IV y V recibieron presentaron mayores niveles de GSH con respecto al grupo II (grupo IV, 68,2% mayor y grupo V, 77,3% mayor) ($p<0,05$); se observó también un menor daño histológico en los grupos IV-V (hígado graso), comparado con el grupo II (hepatitis tóxica severa); sin embargo, los niveles de lipoperoxidación en el tejido hepático de los grupos IV-V fueron significativamente mayores (grupo IV, 35,4% mayor; y grupo V, 55,6% mayor), respecto al grupo II.

Conclusiones: La administración del *Citrus aurantifolia* presenta efecto hepatoprotector expresado en el marcador GSH e histológico.

PALABRAS CLAVE

Modelos de Animal Experimental, hepatopatías, Hígado Graso, Citoprotección, Alimentos Funcionales. (Fuente: DeCS/MeSH BIREME).

Correspondencia:
César Adolfo Flores Valle
cfloresnutri@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Liver diseases in Peru are a major cause of morbidity and mortality. Ethanol consumption increases the risk of developing liver cirrhosis and other diseases.

Objective: To determine the protective effect of ingesting *Citrus aurantifolia* (lemon) peel against ethanol-induced liver damage in mice (*Mus musculus*).

Materials and methods: A randomized, experimental study was conducted. Thirty-five adult male *Mus musculus* mice were used. *Citrus aurantifolia* (lemon) peels were obtained by manual peeling, then oven-dried at 40 °C for 72 hours. They were then ground in a mill and subsequently sieved. They were suspended in a colloidal medium of water with 1% cornstarch. The mice were randomly assigned to five groups (n=7) and received the following oral treatments for five days: groups I and II: 1% starch suspension; group III: 100 mg/kg silymarin in 1% starch suspension; group IV: 100 mg/kg lemon peel; and group V: 400 mg/kg lemon peel. During the treatment period, group I received only 5% glucose solution in their water bowl, while groups II-V received 5% ethanol in glucose solution (5%) *ad libitum*. On the sixth day, after treatment, mice were fasted for 12 hours and then sacrificed.

Results: Groups IV and V received higher GSH levels than group II (group IV, 68.2% higher and group V, 77.3% higher) ($p<0.05$); Less histological damage was also observed in groups IV-V (fatty liver) compared to group II (severe toxic hepatitis); however, lipid peroxidation levels in the liver tissue of groups IV-V were significantly higher (group IV, 35.4% higher; and group V, 55.6% higher) than in group II.

Conclusions: *Citrus aurantifolia* administration has a hepatoprotective effect, expressed in the GSH and histological markers.

KEYWORDS

Experimental Animal Models, Liver Diseases, Fatty Liver, Cytoprotection, Functional Foods. (Source: DeCS/MeSH BIREME)

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades hepáticas pueden ser agudas o crónicas, local o difusa, leve o grave, así como reversible o irreversible, siendo la cirrosis hepática la causa más frecuente de presentación crónica asociada a una tasa de mortalidad de 15 por cada 100 000 habitantes^{1,2}. El consumo de alcohol aumenta el riesgo de las personas a desarrollar cirrosis hepática y otras enfermedades más. En América Latina el Perú es el sexto país de con mayor consumo de alcohol, siendo 8,1 L per cápita³.

La mayor parte del etanol consumido se oxida en el hígado, donde puede formar acetaldehído y luego acetato. En el hígado se realiza la oxidación a través de tres vías enzimáticas, la vía alcohol deshidrogenasa (ADH), presente en el citosol, el

sistema enzimático oxidativo de etanol (MEOS, microsomal ethanol oxidizing system) y la vía de las catalasas en los peroxisomas, siendo este último poco activo. El producto final de cualquiera de las tres vías es el acetaldehído⁴.

El estrés oxidativo y sus consecuencias, daño celular, pueden ser reducidas a través de la ingesta de antioxidantes de diversos alimentos, destacando entre ellos frutas y verduras. Estas moléculas, como los flavonoides, están presentes en buena cantidad en los cítricos, como el limón⁵.

Las frutas cítricas presentan de manera natural un equilibrio de los principales compuestos bioactivos como vitaminas, minerales, fibras dietéticas y fitoquímicos como flavonoides y carotenoides (precursores de la vitamina A). La naringina y la hesperidina, los glicósidos de flavanona, muestran una plétora de propiedades biológicas ampliamente en modelos animales (efectos antihiper glucémicos, antiinflamatorios, antioxidantes, antiadipogénicas y antihipercolesterolémicos, etc.), así como *in vitro*. Se ha descrito en estudios epidemiológicos que las sinergias entre los compuestos bioactivos cítricos, considerando que algunos se distribuyen principalmente en las cáscaras y su cantidad es mucho menor en la pulpa o el jugo, contribuyen a sus múltiples beneficios para la salud en la prevención de distintas enfermedades crónicas⁶.

El fruto llamado limón es de pulpa jugosa, perfumada y suave, normalmente es de forma oval y/o esférica. La corteza delgada, de color amarillo verdoso que cambia a amarillo cuando el fruto ha pasado su estado de madurez comercial. En el interior encontramos una pulpa carnosa, cuyo color va de amarillo a verde, de sabor ácido y jugoso, separada por membranas⁷.

En los cítricos la concentración de flavonoides es mayor en el albedo y corazón, seguidos del flavedo, membranas y pulpa, siendo menor en el zumo. La extracción de estos compuestos resulta de mucho interés por parte de la industria alimentaria y farmacéutica. En estudios previos en cáscara de cítricos de diferentes especies, se encontró que el contenido de flavonoides totales oscila en un intervalo de 150 a 478 mg de rutina por cada 100 g de cáscara seca y de 0,3 a 3100,1 mg de quercetina por cada 100 g de cáscara seca⁸.

En consecuencia, el presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto protector de la cáscara del *Citrus aurantifolia* (limón) frente al daño inducido etanol en ratones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de estudio es experimental, las unidades de análisis fueron asignada a los grupos de forma aleatoria⁹.

Los limones fueron adquiridos en el mercado Mayorista del distrito de Santa Anita, Lima, Perú. Se seleccionaron muestras con madurez comercial, luego fueron desinfectados y lavados; la cáscara fue separada de manera manual, descartando

el contenido comestible del fruto. Las cáscaras fueron colocadas sobre una fuente de vidrio, Pyrex, la cual se llevó a una estufa a temperatura de 40 °C por 72 horas, con rotación constante de aire, hasta obtener un peso constante, luego fue pulverizado en molino de cuchillas en el Laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El pulverizado fue cernido y se obtuvo un polvo fino, el cual fue conservado en un frasco de color caramelo y en un ambiente seco.

Para la administración del tratamiento el polvo de cáscara de limón fue suspendido en un sistema coloidal de fécula de almidón al 1%, esto fue preparado al momento de la administración, siendo utilizado como vehículo para las dosis de 100 mg/kg y 400 mg/kg.

Acondicionamiento de la unidad de análisis: Se utilizaron 35 ratones *Mus musculus*, machos, albinos, adultos, con un peso aproximado de 32 ± 5 gramos. Los ratones fueron colocados en jaulas individuales, en un ambiente de 22 °C de temperatura, con ciclos alternados de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Tuvieron siete días de aclimatación antes de iniciar propiamente la intervención. Todos los grupos recibieron la misma dieta balanceada (dieta normocalórica y normoproteica), adquirida de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, y agua *ad libitum*.

Evaluación del efecto hepatoprotector: Se aplicó el método empleado por Sandoval (2008)¹⁰, el cual empleó etanol 5% en solución glucosada al 5% para provocar la toxicidad hepática. Los animales fueron distribuidos de manera aleatoria en cinco grupos ($n=7$), recibiendo todos los grupos durante la intervención alimentación balanceada. En los bebederos se utilizó la solución etanólica para los grupos del II al V y fue proporcionada *ad libitum*, mientras el grupo I solamente recibió solución glucosada 5% en los bebederos para consumo *ad libitum*. Los grupos recibieron luego de la aclimatación el siguiente tratamiento vía orogástrica por un periodo de cinco días:

Grupo I: solución glucosada 5% en los bebederos + suspensión de almidón.

Grupo II: solución etanólica 5% en los bebederos + suspensión de almidón.

Grupo III: solución etanólica 5% en los bebederos + sili-marina 100 mg/kg.

Grupo IV: solución etanólica 5% en los bebederos + cáscara de limón 100 mg/kg.

Grupo V: solución etanólica 5% en los bebederos + cáscara de limón 400 mg/kg.

Terminado el tratamiento se les mantuvo en ayuno de 12 horas. El peso de los animales fue monitoreado al igual que el consumo de alimento y de líquidos en sus bebederos. Luego fueron anestesiados con pentobarbital sódico (26 mg/kg), vía

intraperitoneal, e inmediatamente se realizó una laparotomía, se localizó el ligamento redondo mayor del hígado y se extrajo el hígado, cortando los ligamentos y adherencias secundarias. El hígado fue lavado en solución fisiológica (NaCl 0,9%) y luego fue secado con papel absorbente, posteriormente, se pesó todo el órgano en una balanza analítica. Del lóbulo mayor se seccionó en dos porciones de 0,25 g cada uno, uno de ellos fue conservado en formol al 10% en NaCl 0,9% para el estudio histológico y la otra porción conservada a 4 °C para la preparación del homogeneizado.

El **índice hepático** se determinó mediante la relación del peso del hígado afectado y el peso del ratón, expresado en porcentaje.

El **estudio histológico** fue procesado en el Instituto de Patología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, las muestras fueron parafinadas y se empleó la tinción con hematoxilina-eosina, las láminas fueron leídas por el Médico especialista en Patología (Dr. Ernesto Raez; el presente estudio está dedicado a su memoria). Se evaluaron la integridad de vasos sanguíneos, de los conductos biliares, de la membrana de Disse y del núcleo, además de la presencia de vacuolas; brindando al finalizar cada lectura de la lámina el diagnóstico correspondiente.

Para la evaluación de los indicadores bioquímicos se preparó un **homogeneizado**, se pesó aproximadamente 0,25 g del lóbulo mayor del hígado y se homogeneizó con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) 0,02 mmol/L hasta un volumen final de 3 mL, siendo realizado sobre gel congelado para conservar una temperatura aproximada de 4 °C.

Para la determinación de **lipoperoxidación** se empleó el método de Buege y Ust (1978)¹¹ y modificado por Suárez (1995)¹² utilizando 250 µL del homogeneizado.

La concentración de **glutación (GSH)** se aplicó el método de Sedlak y Lindsay (1968)¹³.

Los datos fueron ordenados y analizados aplicando los estadísticos descriptivos como la media o promedio aritmético, la desviación estándar y la variación porcentual. Se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Los niveles de lipoperoxidación e índice hepático presentaron distribución normal, a los cuales se aplicó la prueba paramétrica Análisis de Varianza (ANOVA) y como *post hoc* la prueba de Tukey; mientras que los niveles de glutación (GSH) al no tener distribución normal se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis y como *post hoc* la prueba U de Mann Whitney.

El proyecto fue aprobado por el comité de Investigación de la Escuela Profesional de Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Durante la intervención se respecto a las **consideraciones éticas**, se consideró el principio de la tres R (reducir, refinar y reemplazar) y lo considerado por la Ley N° 30407 de Protección y Bienestar Animal¹⁴⁻¹⁶.

RESULTADOS

Referente al índice hepático luego del tratamiento con solución etanólica 5% el grupo II presentó un incremento del 6,5% con respecto al grupo I. Con respecto al grupo II, los grupos III, IV y V presentaron la inhibición del 13,4%, 10,8% y 15,1%, respectivamente.

Los niveles de glutatión luego del tratamiento con solución etanólica 5% el grupo II presentó una disminución significativa ($p<0,05$) con respecto al grupo I. Con respecto al grupo II, los grupos III, IV y V presentaron incrementos significativos ($p<0,01$) del 70,1%, 68,2% y 77,3%, respectivamente.

La lipoperoxidación luego del tratamiento con solución etanólica 5% el grupo II presentó un incremento significativo ($p<0,05$) con respecto al grupo I. Con respecto al grupo II, los grupos IV y V presentaron incrementos significativos ($p<0,01$) del 36,4% y 55,6%, respectivamente.

Respecto a la **descripción histológica** del tejido hepático, en el **grupo I** se describe una estructura moderadamente conservada, los vasos sanguíneos con apariencia normal, conductos biliares semiobstruidos y algunos hepatocitos con núcleos pulverulentos, no presenta vacuolas; con diagnóstico final de hepatitis tóxica leve.

El **grupo II** presentó estructura alterada con congestión de espacios intersticiales con glóbulos rojos, conductos biliares casi obstruidos, destrucción de membrana de espacio de Disse, con núcleos picnóticos y coagulados, así como vacuolas; con diagnóstico final fue hepatitis tóxica severa.

El **grupo III** presentó una estructura conservada, se aprecia el núcleo, integridad de las membranas del espacio de

Disse, así como los canalículos biliares, así como vacuolas; con diagnóstico final de hepatitis tóxica leve.

El **grupo IV** presentó una estructura muy dañada, en algunos casos con necrosis grasa con varias vacuolas; canalículos biliares ocupados y desordenados; ausencia de membranas del espacio de Disse. Alrededor de la vena centrolobulillar presenta espacios en blanco; con diagnóstico final de hígado graso.

El **grupo V** evidenció vena centrolobulillar con estasis; desorden marcado en su estructura, mayor tamaño de vacuolas (a gota gruesa), conductos biliares alterados, hepatocitos con núcleos pulverulentos, ausencia de membrana de los espacios de Disse; con diagnóstico final de hígado graso.

DISCUSIÓN

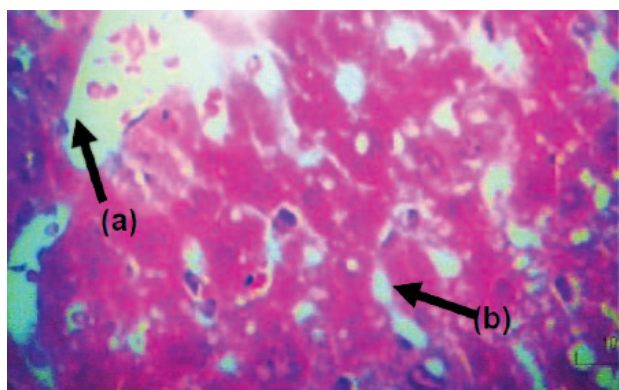
La actividad biológica presente en el *Citrus aurantifolia* puede estar relacionada a sus metabolitos secundarios. Estos son de tipo fenólicos (flavonoides), carotenoides, terpenos, alcaloides, cumarinas, limonoides y aceites esenciales. La presencia y la cantidad de los metabolitos secundarios se ven influenciados por varios factores como la composición del suelo, las propiedades fisicoquímicas, la exposición al sol, las coordenadas geográficas y la parte de la planta utilizada¹⁷. En la mayoría de las frutas, así como en los cítricos, una proporción mayoritaria de las sustancias con actividad biológica se encuentran localizadas en la cáscara, y no en la pulpa¹⁸.

El *Citrus aurantifolia* es una fuente muy alta de flavonoides y limonoides, compuestos fitoquímicos, siendo los principales la limonina y hesperidina. Estos compuestos se pueden encontrar

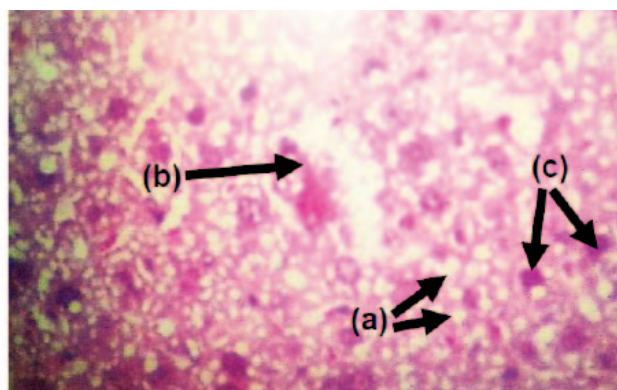
Tabla 1. Índice hepático, niveles de lipoperoxidación y glutatión (GSH) en hígado de ratones

Grupo: tratamiento	Lipoperoxidación* (nmol/g)		Glutatión** (10 ² µg/g)		Índice hepático* (%)	
	Media ± DE	% de inhibición [†]	Mediana (RIC)	% de incremento [†]	Media ± DE	% de inhibición [†]
Grupo I: sol. gluc. 5% + susp. de almidón	13,50 ± 1,5 (a)	-	48,90 (3,1) (a)	-	6,2 ± 0,6	-
Grupo II: etanol 5% + susp. de almidón	19,80 ± 2,0	-	25,10 (2,9)	-	6,6 ± 0,4	-
Grupo III: etanol 5% + silimarina 100 mg/kg	15,70 ± 5,2	20,7%	42,70 (8,3) (b)	70,1%	5,7 ± 0,9	13,4%
Grupo IV: etanol 5% + SCL 100 mg/kg	27,00 ± 5,4 (b)	-36,4%	42,20 (8,1) (b)	68,2%	5,9 ± 0,6	10,8%
Grupo V: etanol 5% + SCL 400 mg/kg	30,80 ± 3,0 (b)	-55,6%	44,50 (3,3) (b)	77,3%	5,6 ± 0,7	15,1%

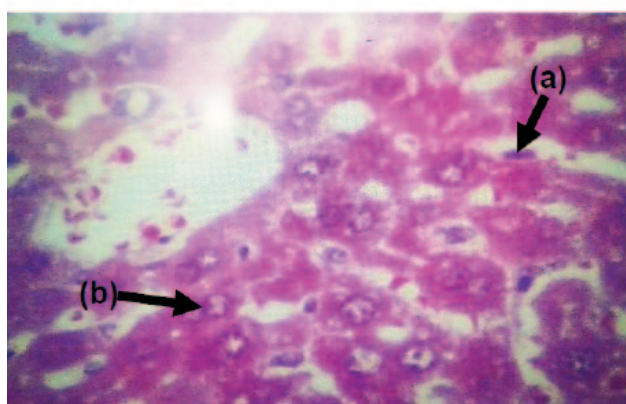
SCL: suspensión de cáscara de limón. (†) Comparado con el grupo II. * Shapiro-Wilk ($p>0,05$). ANOVA ($p<0,05$). (a) $p<0,05$ comparado con el grupo II. (b) $p<0,01$ comparado con el grupo II. ** Shapiro-Wilk ($p<0,05$). Kruskal-Wallis ($p<0,05$). (a) $p<0,05$ comparado con el grupo II. (b) $p<0,01$ comparado con el grupo II.



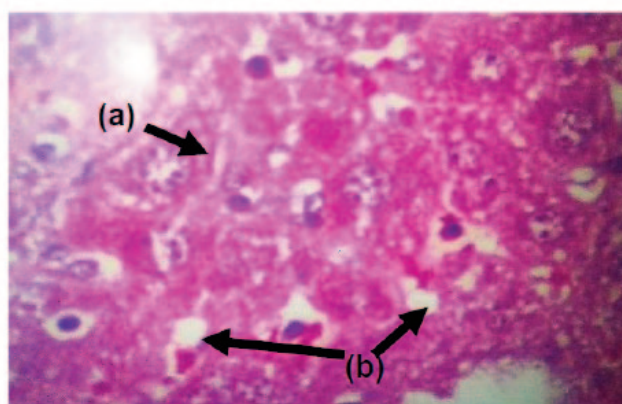
Grupo I: (a) vasos sanguíneos conservados. (b) conductos biliares semi obstruidos. Hepatitis tóxica leve. H-E 10x.



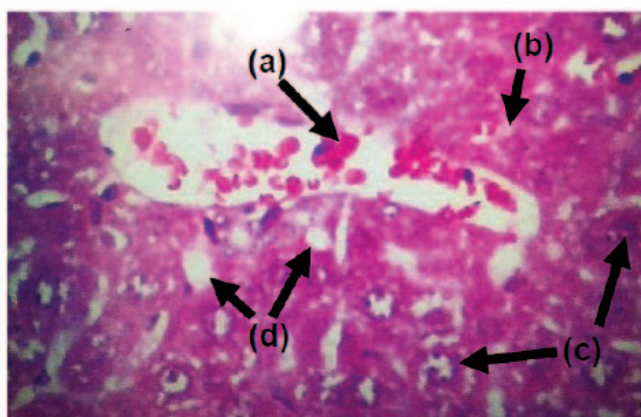
Grupo II: (a) gran número de vacuolas. (b) destrucción de la membrana de Disse. (c) núcleos coagulados. Hepatitis tóxica severa. H-E 10x.



Grupo III: (a) mantenimiento de membranas de Disse. (b) integridad del núcleo. Hepatitis tóxica leve. H-E 10x.



Grupo IV: (a) destrucción membrana de espacio de Disse. (b) presencia de vacuolas. Hígado graso. H-E 10x.



Grupo V: (a) vena centrolobulillar con estasis. (b) ausencia de membrana de espacio de Disse. (c) núcleos coagulados. (d) presencia de vacuolas. Hígado graso. H-E 10x.

Figura 1. Microfotografía de cortes histológico de tejido hepático de ratones

principalmente abundantes en las capas externa e interna de la cáscara (flavedo y albedo), así como en todas las partes de la planta¹⁹. Zamanian et al. indica que los flavonoides como la quercetina, el cual se encuentra también en el *Citrus aurantifolia*, presentan una buena actividad antioxidante directa, además de induce al aumento de las enzimas antioxidantes en las células²⁰. Esto podría estar relacionado al incremento del GSH observado en los grupos tratados con la cáscara de limón.

La naringenina, flavonoide encontrado en la cáscara de los cítricos, detiene la formación del complejo malondialdehído-ADN observado en algunos tipos de cáncer, asimismo refiere que la quercetina puede reducir los niveles de glutatión y actuar como prooxidante favoreciendo la apoptosis en algunas células cancerosas²¹. En nuestro estudio la administración de cáscara de *Citrus aurantifolia* incrementó los niveles de malondialdehído en ambas dosis, respuesta dosis dependiente, y el glutatión aumentó de igual manera, efectos no congruentes con el estudio citado donde hubo reducción de malondialdehído y de glutatión.

En otro estudio se administró el extracto de *Citrus reticulata*, y se observó una disminución de la concentración de malondialdehído del músculo de la pechuga en pollos, de igual manera sucedió con la actividad de la glutatión peroxidasa por lo que el glutatión estuvo conservado en su concentración celular²², dichos resultados son similares a nuestro grupos experimentales en cuanto el incremento de glutatión, pero discrepantes con los resultados de lipoperoxidación.

En un estudio con ratas Wistar se administró extracto hidroetanólico de cáscara de fruta de *Citrus limon* y con limoneno (flavonoide encontrado en los cítricos) frente al daño hepático causado por dietilnitrosamina (DEN)/2-acetilaminofluoreno (2AAF), tuvo como resultados la disminución de la peroxidación lipídica en tejido hepático, así como aumentos en los niveles de glutatión²³. Similares resultados se encontraron con respecto al glutatión en nuestro estudio, sin embargo nuestros resultados con la administración de la cáscara del *Citrus aurantifolia* fueron de incremento de la lipoperoxidación en nuestro modelo animal en ambas dosis.

Las modificaciones epigenéticas en los hepatocitos (por ejemplo, muerte celular, acumulación de grasa, etc.), probablemente se deban a estrés oxidativo, inducido por etanol o al efecto directo del metabolismo de éste, que da como resultado una expresión génica alterada de los reguladores epigenéticos que se evidencian en cambios histológicos, desde una esteatosis hasta llegar a una fibrosis y/o hepatocarcinoma²⁴. Según Yan et. al. la predisposición de los ratones a sufrir lesiones biliares va relacionada con la alimentación crónica con etanol, lo que conlleva a un fenotipo de hepatitis alcohólica, similar a nuestros resultados de los grupos experimentales que recibieron etanol²⁵.

Se ha observado que el etanol causa aumento del índice hepático y que preparados que contienen altos niveles de po-

lifenoles, antocianinas, vitamina C, flavonoides y carotenoides reducen dicho índice; Han et. al. presentó resultados similares a nuestros grupos experimentales en cuanto a la atenuación de la severidad con respecto a la formación de vacuolas grasas y a la infiltración inflamatoria usando un producto derivado de la cáscara de tamarindo²⁶. Nasehi et al. encontró similares resultados en la atenuación de inflamación, fibrosis, hiperplasia del conducto biliar y necrosis con la hesperidina (flavonoide encontrado en la cáscara del *Citrus aurantifolia*) en una relación dosis-respuesta²⁷.

El consumo de cáscara de limón es una práctica muy común en la población peruana, es especial en la costa, bajo la forma de limonada frozen y en otras preparaciones culinarias, el presente estudio tiene como limitación la extrapolación de los resultados a las personas, debido a ser un modelo animal, sin embargo, permite esclarecer los mecanismos de protección y los efectos a nivel histológico.

CONCLUSIONES

La ingesta de la cáscara de *Citrus aurantifolia* (limón) en ambas dosis presentó efecto protector hepático con el incremento del glutatión y una mejor conservación del tejido hepático, siendo sugerentes los hallazgos de un probable efecto protector.

Se recomienda ampliar, en posteriores estudios, la cuantificación de la actividad enzimática de SOD, CAT, GPx, GSSG en tejido hepático en modelos animales, con la finalidad de conocer otros mecanismos de protección que estaría estimulando el consumo de cáscara de limón. Plantear nuevos estudios con dosis de cáscara de limón mayores a las empleadas en este estudio, para evaluar si los resultados se comportan de forma dosis-dependiente.

AGRADECIMIENTOS

Al Vicerrectorado de Investigación y Posgrado por el financiamiento del estudio (código N° 160104067)

Al Dr. Ernesto Ruez Gonzáles, por su apoyo invaluable en la lectura de cortes histológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Osorio Calixtro L, Patiño Trinidad T, Tagle Arróspide M, Huayanay Falconi L. Percepciones, conocimientos y actitudes sobre enfermedad hepática en adultos sanos que acuden a instituciones de salud de estrato A, B y C. Rev Gastroenterol Perú. abril de 2010; 30(2):126–32.
- Malpica-Castillo A, Ticse R, Salazar-Quifones M, Cheng-Zárate L, Valenzuela-Granados V, Huerta-Mercado Tenorio J. Mortalidad y readmisión en pacientes cirróticos hospitalizados en un hospital general de Lima, Perú. Rev Gastroenterol Perú. octubre de 2013; 33(4):301–5.

3. Bustíos C, Dávalos M, Román R, Zumaeta E. Características Epidemiológicas y Clínicas de la Cirrosis Hepática en la Unidad de Hígado del HNERM Es-Salud. *Rev Gastroenterol Perú*. julio de 2007;27(3): 238–45.
4. Cederbaum AI. Alcohol metabolism. *Clin Liver Dis*. noviembre de 2012;16(4):667–85.
5. Delgado Olivares L, Betanzos Cabrera G, Sumaya Martínez MT. Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investig Cienc Univ Autónoma Aguascalientes*. 2010;(50):10–5.
6. Dhuique Mayer C, Servent A. An overview of the nutritional quality and health benefits linked to the world diversity of citrus fruits/juices. *J Food Sci*. enero de 2025;90(1):e17576.
7. Asociación Macroregional De Productores Para La Exportación. Perfil de mercado del limón (Citrus). 2008.
8. Vargas y Vargas M de L, Figueroa Brito H, Tamayo Cortez JA, Toledo López VM, Moo Huchin VM. Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *Cienc - Sum Rev Científica Multidiscip Prospect [Internet]*. 2019 [citado el 1 de julio de 2025];26(2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10458194006>
9. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio M del P. Metodología de la investigación. Sexta edición. México; 2014.
10. Sandoval M, Lazarte K, Arnao I. Hepatoprotección antioxidante de la cáscara y semilla de *Vitis vinifera* L. (uva). *An Fac Med*. diciembre de 2008;69(4):250–9.
11. Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol*. 1978;52:302–10.
12. Suárez Cunza S. Detoxificación hepática y defensa antioxidante por efecto de xenobioticos alimentarios. 1995 [citado el 12 de julio de 2024]; Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/1835eab0-5a81-4f34-ae4f-859db6ab4839>
13. Sedlak J, Lindsay RH. Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Anal Biochem*. el 24 de octubre de 1968;25(1):192–205.
14. Fuentes Paredes F de MD, Mendoza Yanavilca RA, Rosales Fernández AL, Cisneros Tarmeño RA. Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: ratón [Internet]. Instituto Nacional de Salud; 2010 [citado el 3 de julio de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe///handle/20.500.14196/117>
15. Congreso de La República. Ley de protección y bienestar animal. [Internet]. El Peruano; 2016. Disponible en: <https://leyes.congreso.gob.pe/documentos/leyes/30407.pdf>
16. Russell W, Burch R. The principles of humane experimental technique. Vol. 3. ALTEX; 1959. 94 p.
17. Indriyani NN, Anshori JA, Permadi N, Nurjanah S, Julaehe E. Bioactive Components and Their Activities from Different Parts of *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle for Food Development. *Foods*. el 17 de mayo de 2023;12(10):2036.
18. Czech A, Malik A, Sosnowska B, Domaradzki P. Bioactive Substances, Heavy Metals, and Antioxidant Activity in Whole Fruit, Peel, and Pulp of Citrus Fruits. *Int J Food Sci*. el 16 de marzo de 2021;2021:6662259.
19. Phucharoenrak P, Muangnoi C, Trachootham D. A Green Extraction Method to Achieve the Highest Yield of Limonin and Hesperidin from Lime Peel Powder (*Citrus aurantifolia*). *Molecules*. el 26 de enero de 2022;27(3):820.
20. Zamanian MY, Soltani A, Khodarahmi Z, Alameri AA, Alwan AMR, Ramírez-Coronel AA, et al. Targeting Nrf2 signaling pathway by quercetin in the prevention and treatment of neurological disorders: An overview and update on new developments. *Fundam Clin Pharmacol*. 2023;37(6):1050–64.
21. Jomova K, Raptova R, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K, et al. Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: chronic diseases and aging. *Arch Toxicol*. 2023; 97(10):2499–574.
22. Mavrommatis A, Zografaki ME, Marka S, Myrtili ED, Giamouri E, Christodoulou C, et al. Effect of a Carotenoid Extract from Citrus reticulata By-Products on the Immune-Oxidative Status of Broilers. *Antioxidants*. el 10 de enero de 2022;11(1):144.
23. Ezzat RS, Abdel-Moneim A, Zoheir KM, Mohamed EE, Abou-Seif HS, Hefnawy M, et al. Anti-carcinogenic effects and mechanisms of actions of Citrus limon fruit peel hydroethanolic extract and limonene in diethylnitrosamine/2-acetylaminofluorene-induced hepatocellular carcinoma in Wistar rats. *Am J Cancer Res*. el 15 de noviembre de 2024;14(11):5193–215.
24. Osna NA, Tikhanovich I, Ortega-Ribera M, Mueller S, Zheng C, Mueller J, et al. Alcohol-Associated Liver Disease Outcomes: Critical Mechanisms of Liver Injury Progression. *Biomolecules*. el 27 de marzo de 2024;14(4):404.
25. Yan S, Lin Z, Ma M, Arasteh A, Yin XM. Cholestatic insult triggers alcohol-associated hepatitis in mice. *Hepatol Commun*. el 24 de octubre de 2024;8(11):e0566.
26. Han SC, Huang RP, Zhang QY, Yan CY, Li XY, Li YF, et al. Antialcohol and Hepatoprotective Effects of Tamarind Shell Extract on Ethanol-Induced Damage to HepG2 Cells and Animal Models. *Foods*. el 3 de marzo de 2023;12(5):1078.
27. Nasehi Z, Kheiripour N, Taheri MA, Ardjmand A, Jozi F, Shahaboddin ME. Efficiency of Hesperidin against Liver Fibrosis Induced by Bile Duct Ligation in Rats. *BioMed Res Int*. el 11 de abril de 2023;2023:5444301.

Predictors of household food insecurity among pregnant women: a cross sectional study using Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS)

Rina OKTASARI^{1,2}, Hadi RIYADI³, Ali KHOMSAN³, Katrin ROOSITA³, Yulin LESTARI⁴

1 Postgraduate in Nutrition Science, Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia.

2 Nutrition Department, Health Polytechnic Ministry of Health Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.

3 Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia.

4 Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, IPB University, Bogor, Indonesia.

Recibido: 21/mayo/2025. Aceptado: 29/julio/2025.

ABSTRACT

Objective: Pregnant women is prone to experience food insecurity which could jeopardize the pregnancy outcomes, including low birth weight and birth defects. However, it was rarely studied among pregnant women. This study aimed to examine the predictors of household food insecurity among pregnant women.

Methods: This was a cross-sectional study involving 120 pregnant women in 3rd trimester which were recruited from local health centre. The study was conducted from July to November 2024. Food security was measured using standardized questionnaires called Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS). Structured questionnaire was used to gather demographic, economic and characteristic data. Pearson correlation was employed to analyse the correlation between several variables with food security, while multi-variable linear regression was performed to assess the predictors of household food insecurity among pregnant women after considering the collinearity and residual to fit the model.

Results: The study found that 20% of pregnant women experienced food insecurity, with 16.7% of them were mild food insecure. The variables that were found to be significant correlated were women's dietary diversity (B: -0.298, P-value: 0.008),

maternal education (B: -0.222; P-value: 0.019), BMI pre-pregnancy (B: 0.107; P-value: 0.020) and recipient of cash transfer program (B: 0.368; P-value: 0.002). The R² of the analysis was 0.417.

Conclusion: Social economic was shown to be a significant predictors of household food insecurity among pregnant women. Thus, immediate actions are required to prevent the complications occurred on pregnancy outcomes.

KEYWORDS

Food security, dietary diversity, pregnant women, maternal education, cash transfer program.

INTRODUCTION

Food is a fundamental needs for life to be more productive and healthier. Meeting the food demands is crucial for both nation and individuals in terms of availability, accessibility and stability, which is called as food security¹. Currently, food security is a major issue for health and economic development as it is stated on Sustainable Development Goals (SDGs) goal number 2, which is to eradicate hunger and to increase food accessibility for all households in the world by 2030². Food insecurity is indirect cause of nutrition problem making households with food insecurity have limited access to nutritious foods. This often leads to an intergenerational cycle, in which households are experiencing nutritional challenges³.

In 2023, the prevalence of food insecurity among global population was estimated about 28.9% that made Africa as a region having largest proportion of people facing hunger⁴. Meanwhile, according to the data from Global Hunger Index (GHI), Indo-

Correspondencia:
Hadi Riyadi
hadiri@apps.ipb.ac.id

nesia ranked 77 out of 125 countries that face moderate hunger. This condition was caused by the fluctuation of food prices which affect household purchasing power⁵.

Furthermore, pregnant women is a vulnerable group to suffer food insecurity as they have more complex nutritional needs that made them do not have access to safe and nutritious foods. A study explained that pregnant women tended to prioritize their partner's and children nutritional need than themselves. Food insecurity during pregnancy causes inadequate dietary intake that exacerbate maternal health outcomes, such as birth defects, low birth weight and gestational diabetes⁶⁻⁹.

Additionally, a number of factors had been found to link with food insecurity, such as maternal education, family size, occupation and total income^{10,11}. A study has shown that low income and educational attainment were the prominent factors of food insecurity¹². This condition lead them to be difficult to afford nutritious foods. A few studies in Indonesia have reported factors associated with food insecurity. However, this correlation has not been done extensively among pregnant women in Indonesia. Prevalence of food insecurity among pregnant women is also remained unknown. Therefore, in this present study, we were aimed to understand the factors correlated with food insecurity among pregnant women in Yogyakarta City, Indonesia.

METHODS

Study Setting and Population

A cross sectional study was conducted in Yogyakarta. Pregnant women who attended antenatal care (ANC) in Ngampilan Health Centre, Jetis Health Centre, Gondokusuman Health Centre, and Kotagede 2 Health Centre were recruited in this study. This study were done from August to December 2024.

Sample Size and Procedure

Sample size was obtained using a single proportion of formula (95% confidence level and 5% margin of error) with a total of 126 pregnant women involved in this study. However, only 120 pregnant women were participated due to absence during data collection. The samples were selected based on several inclusion and exclusion criteria. The inclusion criteria of this study were pregnant women aged 19-35 years old; gestational age 26-35 weeks; registered in Health Centre or Rahmi Mother and Child Hospital; and not smoking. The samples were selected using purposive sampling from each Health Centres depends on the total of pregnant women from each Health Centres.

Study Variables

Dependent Variable

Household food security data was collected using Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS). Subjects were asked to

answer the question, which reflected the condition in the past 1 month. This tool consisted of 9 questions with score ranging from 0 to 27. Those with scores from 0 to 1 classified as food security, 2 to 7 as mild food insecurity, 8 to 14 considered as moderate food insecurity and 15 to 27 categorized as severe food insecurity¹³. Meanwhile, numeric data were used to analyse data using correlation and linear regression. Moreover, numerical data helped researcher to understand the relationship with other variables using numerical data, including income, dietary diversity, and BMI.

Independent Variables

Dietary Diversity

Dietary diversity was measured using questionnaire Women's Dietary Diversity Scores (WDDDS) which consisted of 10 food groups, including starchy staple foods (grains, rice, tubers), pulses (beans and peas), nuts and seeds, dairy products (milk, yoghurt, and cheese), meat/poultry/fish, eggs, green leafy vegetables, vitamin A-rich fruits and vegetables, other vegetables (lettuce, cabbage, celery, cucumber, tomato), and other fruits¹⁴. The data were obtained through 1x24 hour recall and was considered as one food group, if it was consumed with a minimum 10 gram. Subjects who consumed less than 5 food groups were classified to less diverse, while subjects consuming more than 5 food groups were categorized to more diverse since the 5 food groups often promoted in dietary guidelines.

Demographic, socioeconomic and characteristic of pregnant women

Self-reported demographic, socioeconomic and characteristic were used to obtain the data, including age, parity, gestational age, education, occupation, type of family, and income. Household income were divided into quartiles from quartile 1 to quartile 3. Cash transfer program was classified as yes if the household received cash transfer from Indonesia social safety net program.

Subjects' nutritional status

Anthropometric measurement was conducted to obtain data related chronic energy deficiency (CED) by using Mid-Upper Arm Circumference (MUAC), which is an indicator to determine pregnant women' nutritional status. If the value was below than 23.5 cm, it was considered as CED and if the value was above equal to 23.5 cm, it was considered as normal. Body Mass Index (BMI) pre-pregnancy were calculated using self-reported weight and height before pregnant.

Ethical Consideration

This study was approved by the Health Research Ethics Committee of Ministry of Health Indonesia with registration number DP.04.03/2-KEPK.2/709/2024. All respondents were

asked to sign the informed consent as a confirmation for voluntary participation.

Statistical Analysis

Data analysis was performed using software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 27 with 95% of confidence interval. Univariate analysis was done through descriptive statistics using mean, standard deviations, frequency and percentage to summarize the data. To examine the association between independent and dependent variables, Pearson/ Spearman correlation test was used. It depends on the normality of the data which was analysed using Kolmogorov-Smirnov. If the data were normally distributed, Pearson correlation was employed. If the data were not normally distributed, non-parametric Spearman correlation was done.

Multivariate analysis was analysed using linear regression to analyse the predictors of household food insecurity among pregnant women after adjusted by several variables. All variables were included in the analysis using Enter method. Variables with VIF < 10 were excluded from the model to prevent high collinearity with food security. We checked model residuals for fit. Statistical significance was determined at $P < 0.05$ for all analysis with two-sided test.

RESULTS

A total of 120 pregnant women were participated in this study. Table 1 presents characteristics, demographic and nutritional status of pregnant women. The mean age was 28.81 ± 3.8 with gestational age 30.19 ± 2.8 . A greater proportion of women had secondary education (48.3%) and not working (54.2%). Around 83.3% of pregnant women lived in nuclear family. What is more, there were 65% of pregnant women received cash transfers. Most of the subjects' income were in Quartile 2 (50%).

In terms of nutritional status, most of pregnant women had normal BMI before pregnancy (53.3%) and 88.3% of pregnant women presented a normal nutritional status according to MUAC. Moreover, there was 20% of pregnant women experiencing food insecurity and 18.3% of them had less diverse foods.

Table 2 revealed the correlation between several variables with food insecurity. It was found that cash transfer program (CTF) had moderate correlation with food insecurity among pregnant women ($r: 0.455$, p -value: 0.000) compared to other variables. Other variables also indicated that there were significant correlation between birth spacing, BMI pre-pregnancy, dietary diversity, maternal education, total income, maternal working status and family size towards household food insecurity among pregnant women (P -value < 0.05).

Table 1. Descriptive analysis of characteristic respondents and household food security among pregnant women

Variable	Mean $\pm$ SD	n (%)
Age in years, mean$\pm$SD	28.81$\pm$3.8	
Gestational age	30.19 $\pm$ 2.8	
Birth spacing, months $\pm$ SD	35.46 $\pm$ 42.7	
Maternal education status		
Primary education	-	12 (10)
Secondary education	-	58 (48.3)
Diploma and above	-	50 (41.7)
Maternal occupational status		
Working	-	55 (45.8)
Not working	-	65 (54.2)
Family Size		
Nuclear family	-	112 (83.3)
Extended Family	-	8 (6.7)
Cash Transfer Program		
Yes	-	78 (65)
No	-	42 (35)
Income		
Quartile 1	-	30 (25)
Quartile 2	-	60 (50)
Quartile 3	-	30 (25)
BMI pre pregnancy		
Underweight, n(%)	-	23 (19.2)
Normal	-	64 (53.3)
Overweight	-	10 (8.3)
Obesity	-	23 (19.2)
MUAC		
< 23.5 cm		14 (11.7)
$\geq$ 23.5 cm		106 (88.3)
Household Food Security		
Severe food insecure	-	1 (0.8)
Moderate food insecure	-	3 (2.5)
Mild food insecure	-	20 (16.7)
Food secure	-	96 (80)
Women' Food Diversity		
Diverse	-	98 (81.7)
Less Diverse	-	22 (18.3)

Table 2. Correlation between several variables with household food insecurity

Variables	r	P-values
Parity	0.237	0.005 ^a
Birth spacing	0.209	0.011 ^a
BMI pre-pregnancy	0.254	0.003 ^a
Dietary diversity	-0.270	0.001 ^a
Cash transfer program	0.455	0.000 ^a
Maternal education	-0.238	0.004 ^a
Total income	-0.376	0.000 ^a
Maternal working status	-0.261	0.002 ^a
Family size	0.279	0.001 ^a

^a Significant correlation using pearson correlation.

Household Food Insecurity

Correlation between several variables on household food insecurity was assessed through univariate, bivariate and multivariate analysis. Linear regression was used to determine the factors correlated with household food insecurity among pregnant women. In Table 3, we found that dietary diversity was significantly correlated with food security (B: -0.298, P-value: 0.008). Furthermore, cash transfer program showed a significant correlation with household food insecurity (B: -0.368; P-value: 0.002). This correlation also remained significant for maternal education (B: -0.222; P-value: 0.019) and BMI pre-pregnancy (B: 0.107; P-value: 0.020).

DISCUSSION

In this study, we evaluated several factors, including dietary diversity, receiver of CTF, maternal education, family size, maternal nutritional status, income and birth spacing, towards food insecurity among pregnant women in Yogyakarta, which was mostly dominated with normal to overweight and obese using BMI pre-pregnancy. Our findings revealed that the proportion of food insecurity pregnant women was 20%, with 16.7% of them experiencing mild food insecurity. It was also indicated that dietary diversity, CTF, maternal education, and BMI pre-pregnancy were significant predictors of food insecurity among pregnant women.

Our study demonstrated that the prevalence of pregnant mothers who had less diverse foods was 18.3%, which also showed that dietary diversity and food security was inversely correlated. Decreasing of dietary diversity aligned with increasing food insecurity due to lack of consumption animal-source foods. This finding was supported by a study from Lo (2012) that food diversity and total expenditure can be indicators for household food security which is reflected by the increasing dietary diversity could decrease food insecurity and affected the food choices in a family¹⁵.

In Indonesia, cash transfer was given to the family which registered as poor family in social welfare data. This study showed that family who did not receive CTF were more likely to be food insecure. This finding was supported by other study that women who obtained cash transfer tended to allocated two third for multiple foods¹⁶. This finding aligned with other study that the beneficiaries of CTF were food secure since they stated that the availability of foods in their family were varied¹⁷. However, other study indicated that food assistance program might contribute to dysregulated eating since a monthly-distribution of CTF could cause monthly cycle of food abundance and scarcity¹⁸.

Table 3. Linear regression on Household Food Security

Variables	B	SE	95% CI	P value
Pregnant women' dietary diversity	-0.298	0.111	-0.354; 0.218	0.008 ^a
Cash Transfer Program (CTF)	-0.368	0.118	-0.134; 0.601	0.002 ^a
Maternal education	-0.222	0.093	-0.435; 0.037	0.019 ^a
Family size	0.026	0.079	-0.131; 0.183	0.744
BMI pre pregnancy	0.107	0.045	-0.197; 0.254	0.020 ^a
Total income	-0.025	0.083	-0.190; 0.140	0.762
Birth spacing	0.001	0.001	-0.001; 0.004	0.280

Adjusted R²: 0.471; Adjusted for age, parity, and maternal working status; ^a significant correlation; CI: Confidence interval.

In terms of education, maternal education is negatively correlated with food security. It was possible when women with low education had limited knowledge about nutrition and healthy eating that bring about household food insecurity¹⁹. What is more, poor maternal education which was mostly found in low economic households were considered as significant factors of food insecurity²⁰. So that, enhancing education is an effective policy to address the increasing in economic inequality.

BMI pre-pregnancy was indicators. BMI pre-pregnancy was positively correlated with household food insecurity. Higher BMI was also followed by the increasing of HFIAS score that would lead to excessive gestational weight gain. This study had similar finding with other study using categorical data. It mentioned that higher pre-pregnancy body mass index was found among women with food insecurity²¹. Qualitative data indicated that food insecure women tended to consider cheaper foods which were dominated by sugar, fat and sodium content making them to be overweight and obese. This condition would increase the risk of gestational diabetes mellitus (GDM)²².

STRENGTH AND LIMITATIONS

To the best of our knowledge, this study was the first to determine its predictors of household food insecurity among pregnant women in Indonesia, particularly Yogyakarta. However, this study considered several limitations. First, the sample size was too small that make it could not generalize to all pregnant women in Yogyakarta. Second, cross sectional method used in this study could not generate causal relationship between predictors and household food insecurity. Furthermore, pregestational BMI could lead to bias since it was self-reported.

CONCLUSION

In our study, we provided evidence of predictors for household food insecurity among pregnant women. This study highlights that dietary diversity, maternal education, recipient of CFT and BMI pre-pregnancy were prominent predictors of household food insecurity among pregnant women. Prioritizing issue on food security among pregnant women is pivotal for public health intervention to mitigate any nutrition problems, particularly targeting low socioeconomic family. Future research is required to measure the pregnancy outcomes among pregnant women with household food insecurity.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Indonesia Ministry of Health and the Neys-van Hoogstraten Foundation. Their generous funding and assistance have been invaluable in the completion of this work.

REFERENCES

1. Pérez-Escamilla R. Food Security and the 2015-2030 Sustainable Development Goals: From Human to Planetary Health: Perspectives and Opinions. *Curr Dev Nutr*. 2017 Jul;1(7):e000513.
2. Assembly UG. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York; 2015.
3. Ghattas H. Food Security and Nutrition in The Context of Nutrition Transition. Beirut; 2014.
4. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in The World 2024- Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Rome; 2024.
5. World Food Programme. Indonesia. 2024.
6. Bronte-Tinkew J, Zaslow M, Capps R, Horowitz A, McNamara M. Food insecurity works through depression, parenting, and infant feeding to influence overweight and health in toddlers. *J Nutr* [Internet]. 2007;137(9):2160–5. Available from: <https://doi.org/10.1093/jn/137.9.2160>
7. Carmichael SL, Yang W, Herring A, Abrams B, Shaw GM. Maternal food insecurity is associated with increased risk of certain birth defects. *J Nutr* [Internet]. 2007;137(9):2087–92. Available from: <https://doi.org/10.1093/jn/137.9.2087>
8. Andreae G, Scott S, Nguyen G, Bell Z, Mehmood H, Sermin-Reed L, et al. Food insecurity among pregnant women living in high-income countries: a systematic review. *Lancet* (London, England) [Internet]. 2022;400:S17. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02227-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02227-9)
9. Mauludyani AVR, Khomsan A, Riyadi H, Nurhidayati VA, Fatchiya A. Determinants of children's nutritional status in rural and urban areas of West Java, Indonesia. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2025;45(2):20–6.
10. Baloch F, Baloch K, Alizai S. Livestock Development and Food Security Aspects for Poverty Alleviation in Balochistan. *Pakistan J Int Aff*. 2021;4(3).
11. Gebremichael MA, Belachew Lema T. Dietary Diversity, Nutritional Status, and Associated Factors Among Pregnant Women in Their First Trimester of Pregnancy in Ambo District, Western Ethiopia. *Nutr Metab Insights*. 2023;16:11786388231190516.
12. Drakoulidou P, Drayton B, Shepherd L, Miharshahi S. Socio-demographic factors associated with food insecurity: Data from the 2003-2014 New South Wales Population Health Survey. *Public Health Nutr*. 2020;23(11):1857–67.
13. Coates J, Swindale A, Bilinsky P. Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) for Measurement of Food Access: Indicator Guide: Version 3. Washington DC: Food and Nutrition Technical Assistance Project, Academy for Educational Development; 2007.
14. FAO F. 360. Minimum dietary diversity for women: a guide for measurement. Rome: FAO; 2016. 2017.
15. Lo YT, Chang YH, Lee MS, Wahlqvist ML. Dietary diversity and food expenditure as indicators of food security in older Taiwanese. *Appetite* [Internet]. 2012;58(1):180–7. Available

- from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019566311005915>
16. Harris-Fry H, Saville NM, Paudel P, Manandhar DS, Cortina-Borja M, Skordis J. Relative power: Explaining the effects of food and cash transfers on allocative behaviour in rural Nepalese households. *J Dev Econ* [Internet]. 2022;154:102784. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387821001425>
 17. Costa ROM, Poblacion A, Giudice CL, de Moura LCM, Lima AAR, Lima DB, et al. Factors associated with food insecurity among pregnant women assisted by Universal Health Care in Lavras-Minas Gerais State | Fatores associados à insegurança alimentar em gestantes atendidas na rede pública de saúde de Lavras - Minas Gerais. *Rev Bras Saude Matern Infant*. 2022;22(1):127–35.
 18. Leung CW, Epel ES, Ritchie LD, Crawford PB, Laraia BA. Food insecurity is inversely associated with diet quality of lower-income adults. *J Acad Nutr Diet*. 2014 Dec;114(12):1943-53.e2.
 19. Yong HY, Mohd Shariff Z, Mohd Yusof BN, Rejali Z, Tee YY, Bindels J, et al. Higher Parity, Pre-Pregnancy BMI and Rate of Gestational Weight Gain Are Associated with Gestational Diabetes Mellitus in Food Insecure Women. Vol. 18, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021.
 20. Na M, Mehra S, Christian P, Ali H, Shaikh S, Shamim AA, et al. Maternal Dietary Diversity Decreases with Household Food Insecurity in Rural Bangladesh: A Longitudinal Analysis¹²³. *J Nutr* [Internet]. 2016;146(10):2109–16. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316623007496>
 21. Cheu LA, Yee LM, Kominiarek MA. Food insecurity during pregnancy and gestational weight gain. *Am J Obstet Gynecol MFM*. 2020 Feb;2(1):100068.
 22. Lim EJK, Ong C, Said Abdul Rashid NS, Lee JJM, Chew J, Chua MC. Food Accessibility and Nutritional Outcomes Among Food-Insecure Pregnant Women in Singapore. *Nutr*. 2025;17(5):1–17.

The effectiveness of salt, citrus and calcium propionate on microbiological and organoleptic qualities of smoked eel stored at room temperatures

Feny MENTANG¹, Roike Iwan MONTOLALU¹, Henny Adeleida DIEN¹, Nurmeilita taher¹, Joyce C. V. PALENEWEN¹, Siegfried BERHIMPON², Ayub U. I. MEKO²

¹ Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado, Indonesia.

² Artha Wacana Christian University, Kupang, Indonesia.

Recibido: 26/junio/2025. Aceptado: 30/julio/2025.

ABSTRACT

Introduction: Smoking preserves fish but yields products with short shelf life (2 days) prone to microbial spoilage. Salt, citrus, and calcium propionate may enhance preservation.

Aims: To evaluate the effectiveness of these additives on microbiological/organoleptic qualities of smoked eel stored at room temperature.

Materials and Methods: Three treatments: (A) 15% NaCl + 15% citrus immersion + heating; (B) Heating + 2.5% calcium propionate spray; (AB) Combination of A+B. Stored 0/3/6 days. Analyzed: water/protein content, TPC, mold, pathogens, sensory traits.

Results: AB treatment showed optimal results with water (50.9–55.4%), protein (13.75–16.8%), TPC (4.07–6.38 log CFU/g), mold (3.60–4.64 log CFU/g). Sensory scores (1–9 scale): appearance (7.0), flavor (8.0), taste (7.4), texture (7.2). Organoleptic analysis show that panelists like the smoked eel even for 6 days of storage, because of the aroma and flavor of smoked fish are still good and the color of products has not changed was golden brown color. No pathogens detected. Total number of bacterial colonies 4.07 to 6.38 cfu/g, total mold colony 3.60 to 4.64 cfu/g.

Conclusion: AB treatment extends shelf life to 6 days while maintaining quality.

KEYWORDS

Smoked ell, preservation, quality, microbiological, organoleptic

INTRODUCTION

Eel (*Anguilla spp*) is one of the popular consumption fish in some countries. In Japan smoked eel called unagi, and is believed to increase the stamina during the summer. Eel (*Anguilla spp*) has 19 species that spread throughout the world, and 7 (seven) of them are found in Indonesian waters^{1,2}. In Indonesia processing of Eel is still very limited, consumption or export fresh and frozen. Eel has a high nutritional content, especially vitamins A, E, B1, B2, B6, C, D and unsaturated fatty acids, as well as protein³⁻⁵. Omega 3 in eel especially EPA is 742mg/100g and DHA is (1,337 mg/100g) higher than EPA and DHA content in salmon⁶. Smoked eel has the opportunity to be developed as a food source because of their high in nutrients.

The problem that is often found in smoked fish processing was the short shelf life (2 days) at room temperature storage and easily deteriorated quality, especially microbiological quality^{7,8}. Food preservatives such as: Sodium chloride, sorbic acid, sodium benzoate, calcium propionate and citric acid are widely used in order to extend of shelf life and improve food quality. Salt (NaCl), citrus and calcium propionate have been applied in the preservation of smoked meat and other processed foods that can maintain shelf life and inhibit bacterial growth in smoked products⁹⁻¹¹. Therefore, this study was conducted to investigate the effectiveness of salt, citrus and calcium propionate on microbiological and organoleptic qualities of smoked eel (*Anquilla sp*) stored at room temperatures.

Correspondencia:

Feny Mentang
fmentang@unsrat.ac.id

Smoking food is one of the oldest food processing method where is still frequently used nowadays, to give a smoke flavor to meat and fish. In Indonesia, total smoked fish production was 92,52 MT¹², while smoked fish production of North Sulawesi province was 31,408 MT, or 34% of Indonesian smoked fish production¹³. Some regions in Indonesia have a specific smoked fish, for example: smoked Skipjack called *Cakalang fufu* in North Sulawesi and *Cakalang asar* in Malucas, smoked Milkfish called *Bandeng asap* in East Java, smoked Eel called *Sogili fufu* in South East Sulawesi, and smoked Catfish called *Lele selai* in West Sumatera. In North Sulawesi smoked fish can be categorized as exotic indogenous food. Two famous smoked fish in North Sulawesi i.e. *Cakalang fufu* or smoked Skipjack (*Katsuwonus pelamis* L.) processed by hot smoking (temperature 80-100°C for 3-4hr), and *Roa fufu* or smoked Halfbeak (*Hemiramphus far*) processed by semi-hot smoking (temperature 80°C for 1-2hr and than 50-60°C for 10-15hr).

Since an advanced in packaging and storing technologies, smoking fish was developed to produce a high value added products to satisfy consumer's taste¹⁴. According to¹⁵ over the past few decades traditional smoking of food has been replaced by use of smoke flavorings such as liquid smoke. However¹⁶, stated that smoke flavorings did not contain the same compounds as natural smoke since liquid smoke is filtered to remove toxic and carcinogenic impurities¹⁷. stated that increasing phenol content in smoked meat could potentially enhance the smoky flavor of product. The problems of traditional smoked fish are: high contents of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) especially benzo(a)pyrene (BP), because of them have well-known genotoxic, mutagenic, and carcinogenic properties¹⁸. According to¹⁹ BP is an indicator of carcinogenetic and traditional smoked fish contained about 0.7-60ng/g (wb) especially in skin layer. Benzo(a)pyrene is high in traditional smoked fish where the fish usually smoked directly above the fire (hot smoking). Content of PAH in some of cured fish products are: 716.84mg/kg in smoked *Sardinella aurita* in Ghana²⁰; 7.46 to 18.79mg/kg in smoked *Lates niloticus* in Kenya²¹; and 0.56 to 1.46mg/kg in all boiled, grilled, and fried fish in Western Cape, South Africa²². No data of PAH content in commercially smoked fish available in Indonesia yet. However²³, studied Benzo(a)pyrene (BP) in skipjack smoked with paddy chaff and coconut shell liquid smoke found BP of 9.55 and 8.72ppm respectively. Beside PAH, traditional smoked fish also have low edible portion, no processing standard, flavor varied, difficulties in packaging, low performance, and short shelf life. Liquid smoke is an alternative, because easy to produce, use a simple equipment, can be found also in market, concentration can be controlled, quality of the product including flavor can be standardized, and smoked fish has high edible portion (100%). The aims of this study were to develop the best smoking method and the best liquid smoke concentration, based on PAH and sensory assessments.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Fresh eel (*Anguilla sp*) has been found from hatchery at Lolak region Minahasa. The fish were put in cool box with fish: ice ratio = 1:2, and then transported by car for 30 minutes to laboratory. In laboratory, fish were washed and eviscerated, and fresh fillets (3 cm) were prepared. All treatments and procedures were done followed good manufacturing practices (GMP).

Treatments

Three different application methods of treatment were: A. fish fillets were dipped in 15% NaCl and 15% citric acid for 20 minuts, then heated at 70-80°C for 4hr; B. fresh fillet were heated at 70-80°C for 4hr and sprayed with 2.5% calcium propionate; C. fish fillets were dipped in 15% NaCl, 15% citric acid with the same way of treatment A, and then heated at 70-80°C for 4hr and sprayed with 2.5% calcium propionate. Smoked eel were stored for 0,3 and 6 days at room temperature.

Research procedure

Research procedure can be seen in Figure 1.

Samples analysis

Analysis have been done for water content²⁴, protein content²⁴ and sensory characteristics for appearance, flavour, taste, and texture. Hedonic assessment was used for sensory characteristics, and Triangle test has been used to assess the differences between treatments using 18 to 21 semi-trained panelists²⁵. Score sheet have been used for both of hedonic and triangle assessments.

Bacterial Isolation

Each Sample was weighed as much as 25 g, input into 225 ml of sterile 0.9% NaCl solution and shacked strongly, and then taken 1 ml suspension and input into 9 ml of sterile 0.9% NaCl solution, formed 10⁻² dilution, and then homogenized by shaking the tube, and then taken 1 ml from 10⁻² dilution input into 9 ml suspension formed a dilution rate of 10⁻³. The procedure be continued in the same way for further dilution necessary.

Furthermore, from each dilution was taken 1 ml suspension and transferred into the NA medium for TPC test with a pour plate method, and BSA medium for *Salmonella* with scratch method, APW-TCBS medium for *Vibrio parahaemolyticus* test, and lactose broth-EMBA medium for Coliforms and *E. Coli*, and each of medium using the Most Probable Number (MPN) method. All samples were labelled indicated sample type and dilution level. Petri dish of media NA and BSA, Hack tubes containing medium APW and lactose broth in a Hach tube with Durham, were kept in an incubator and incubated at 37 °C for 24 and 48 hours for observation.

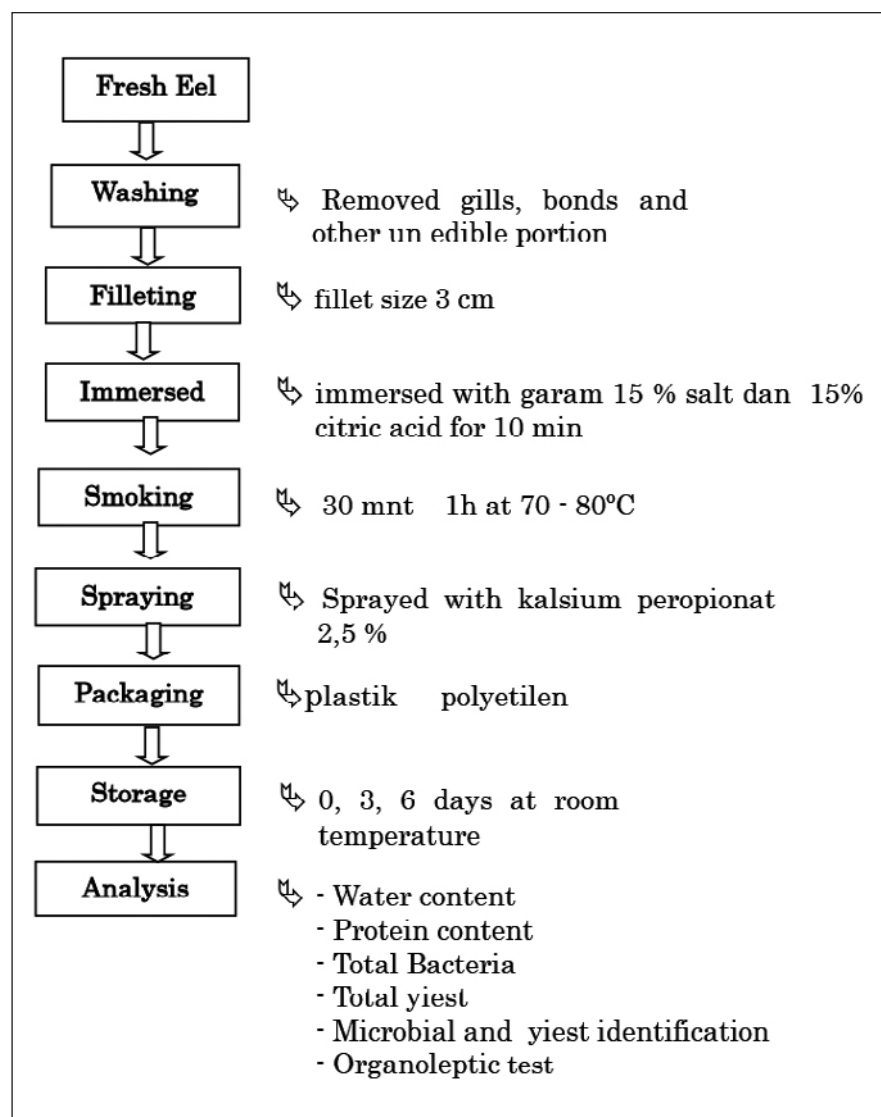


Figure 1. Scheme of research procedure

Statistical analysis

There are two factors implementing on this study, namely: application methods with three sub-factors i.e.: A, B, and AB; and storage time with three factors i.e.: C₁, C₂, C₃ Completely Randomize Design (CRD) Factorial 3x3 was designed. Replication of treatments was done twice. Analysis of Variance has been used to analyze the data, and continued by Least Significant Difference (LSD) test for a significant treatment²⁶.

RESULTS

Water content

Water contents of smoked Skipjack varied from 47.6% for the sample heated, dipped in 0.8% liquid smoke, and then heated again, to 60.6% for the fillet that was steamed, dipped in 0.6% liquid smoke, and then heated. Figure 2

showed that all steamed samples had high water content due to increased moisture after steaming and protein denaturation.

Analysis of variance showed that liquid smoke concentration and the interaction between the two treatments had no significant effect ($P \geq 0.05$) on water content, while the application method of liquid smoke had a highly significant effect ($P \leq 0.01$).

Protein content

Phenol contents varied from 1.98mg% for sample of fresh fillet dipped in 0.4% liquid smoke, and then heated, to 12.6% for sample that steamed, dipped in 0.8% liquid smoke and then heated. From Figure 2, it can be seen that fresh fillet that directly dipped in liquid smoke contained lower phenol contents, followed by fillet which heated before dipped, and the higher was fillet that steamed first before dipped and heated. It can be seen also that increasing of phenol content caused decreasing of pH.

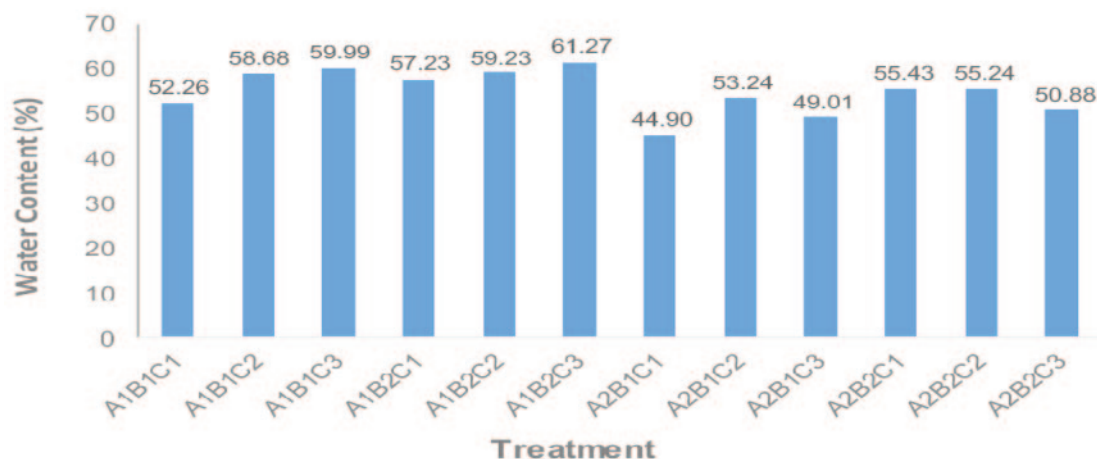
Microbiological Analysis

Total bacterial counts (TPC) varied from 4.07 to 6.47 log cfu/g across treatments and storage time. The combination treatment showed the lowest bacterial growth, with counts ranging from 4.07 log cfu/g at day 0 to 6.38 log cfu/g at day 6. Control samples showed higher bacterial counts (4.98-6.47 log cfu/g). Total mold counts ranged from 3.60 to 5.60 log cfu/g.

Sensory analysis

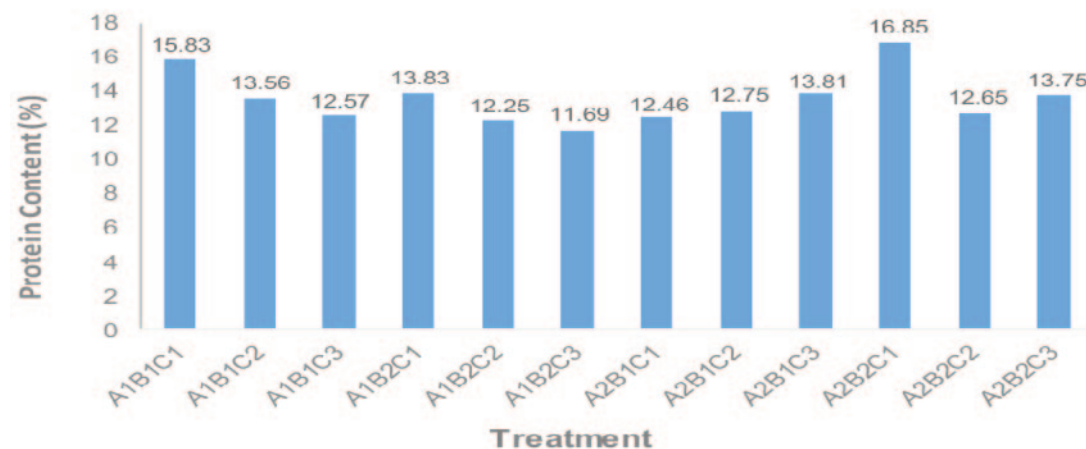
Appearance

The scores of appearances can be seen in Figure 4. The lowest score was in sample that steamed, dipped in 0.6% liquid smoke and then heated. The highest score was in sample that heated, dipped in 0.8% liquid smoke and then heated. Analysis of variance shown that only application methods of liquid smoke has a significant effect ($P \leq 0.05$) on appearance, while all other treatments including interaction did not give any significant effect ($P \geq 0.05$). For all concentrations of liquid smoke, fillet that steamed first before dipped, trend to have a low appearance. The best appearance was sample that heated before dipped in 0.8% liquid smoke, and then heated.



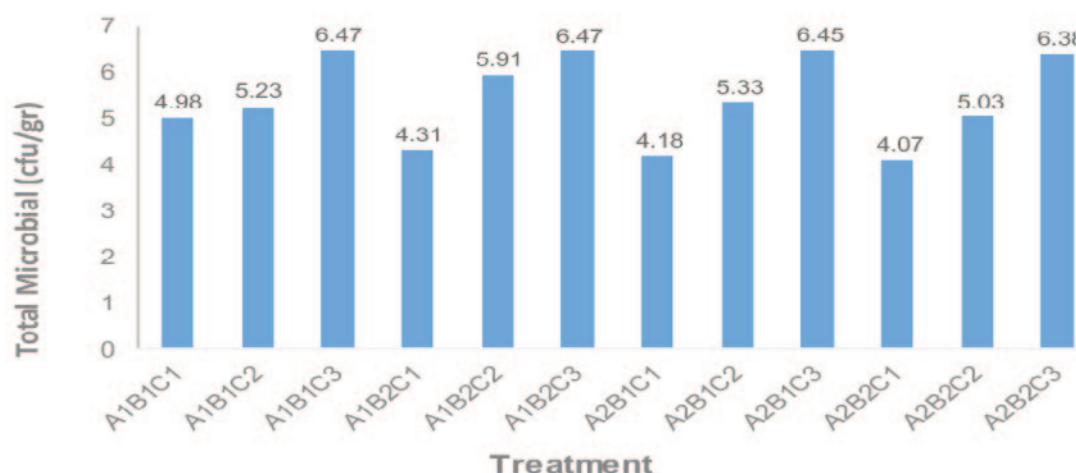
A1B1C1: control at 0 day; A1B1C2: control at 3 day; A1B1C3: control at 6 day; A1B2C1: sprayed with 2,5% calcium propionat at 0 day; A1B2C2: sprayed with 2,5% calcium A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day propionat at 3 day; A1B2C3: sprayed with 2,5% calcium propionat at 6 day; A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day; A2B2C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 0 day; A2B2C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 3 day; A2B2C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at at 6 day.

Figure 2. Water content of smoked Eel with different treatments.



A1B1C1: control at 0 day; A1B1C2: control at 3 day; A1B1C3: control at 6 day; A1B2C1: sprayed with 2,5% calcium propionat at 0 day; A1B2C2: sprayed with 2,5% calcium A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day propionat at 3 day; A1B2C3: sprayed with 2,5% calcium propionat at 6 day; A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day; A2B2C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 0 day; A2B2C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 3 day; A2B2C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at at 6 day.

Figure 3. Protein content (%) of smoked Eel with different treatments.



A1B1C1: control at 0 day; A1B1C2: control at 3 day; A1B1C3: control at 6 day; A1B2C1: sprayed with 2,5% calcium propionat at 0 day; A1B2C2: sprayed with 2,5% calcium A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day propionat at 3 day; A1B2C3: sprayed with 2,5% calcium propionat at 6 day; A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day; A2B2C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 0 day; A2B2C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 3 day; A2B2C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at at 6 day.

Figure 4. Protein content (%) of smoked Eel with different treatments.

Flavor

The scores of flavors can be seen also in Figure 4. It can be seen that the scores of flavors in generally higher than the scores of appearance. The higher score of flavor was for sample that heated first, then dipped in 0.8% liquid smoke and then heated, followed by samples that steamed, dipped in 0.8% liquid smoke and then heated. However, all samples shown satisfy values of flavor. Analysis of variance showed that all treatments including interaction did not give any significant effect ($P \geq 0.05$). From Figure 4 can be seen that the value of flavor were the highest among the sensory parameters assessed.

Taste

The scores of taste can be seen in Figure 4. The lowest score was for sample that heated, dipped in 0.4% liquid smoke then heated again, while the highest score was in sample that heated, dipped in 0.8% liquid smoke and then heated, and followed by samples that steamed, dipped in 0.8% liquid smoke and then heated. Analysis of variance shown that an only application method of liquid smoke has no significant effect ($P \geq 0.05$) on taste, but smoke concentrations gave a highly significant effect ($P \leq 0.01$), and interaction gave a significant effect ($P \leq 0.05$). For all concentrations of liquid smoke, sample which steamed first before dipped, and also

heated first before dipped, trend to have a high taste. The same as appearance, the best taste was for sample that heated before dipped in 0.8% liquid smoke and then heated.

Texture

The scores of textures can be seen in Figure 4. The same as appearance, the score of texture little bit lower than score of flavor and taste. However, all sensory characteristics (appearance, flavor, taste, and texture) showed that panelist like the all assessed samples. The lowest score was in sample that heated and then dipped in 0.4% liquid smoke then heated, while the highest score was in sample that steamed, then dipped in 0.8% liquid smoke and then heated, followed by samples that steamed, dipped in 0.4% and then heated. Samples that heated, dipped in 0.8% liquid smoke and then heated also have a high score. Analysis of variance shown that liquid smoke concentration did not give significant effect ($P \geq 0.05$), while application methods of liquid smoke has a significant effect ($P \leq 0.05$) on texture.

Triangle test

Triangle test have been done for appearance, flavor, taste, and texture, to find the difference between new products compared to traditional (conventional) product, and the dif-

ferences between each treatments. The results shown that for appearance, sample that was heated first, dipped in 0.6% liquid smoke and then heated again, had a highly significant ($P \leq 0.01$) different and better compare to the conventional smoked skipjack and other treatments. The sample has a yellowish-brown color and bright. Sample which heated, then dipped in 0.8% liquid smoke, and then heated also had a highly significant ($P \leq 0.01$) different with the conventional smoked skipjack and other treatments, although this sample had a little bit dark brown color.

For flavor, sample heated first and followed by dipped in 0.8% liquid smoke and then heated again, has a different and better flavor compared to the conventional smoked skipjack and the other treatments. The flavor recognized as a real smoked skipjack flavor and more preferred by panelist. Taste also has a same result as flavor. Sample heated and followed by dipped in 0.8% liquid smoke and then heated, has a different and better taste compared to the conventional smoked skipjack and the other treatments. The sample taste was more delicious compare to the conventional smoked skipjack and the other treatments. Texture also has a same result; the sample heated first, then dipped in 0.8% liquid smoke and then heated again, has a good texture, more dry and solid. The picture of conventional (traditional) smoked skipjack and smoked skipjack heated first, and dipped in 0.8% liquid smoke and then heated again, can be seen in Figure 5.

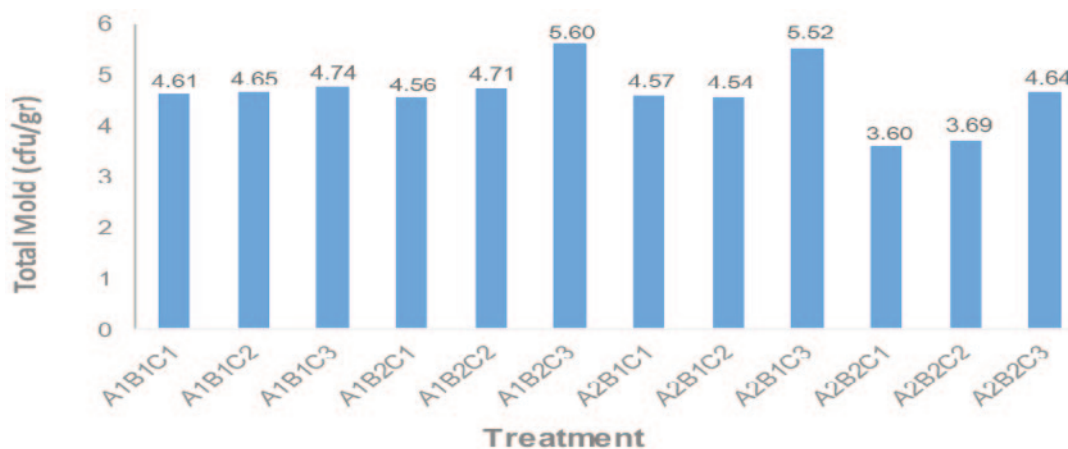
DISCUSSIONS

Water content

The variation in water content across treatments highlights the impact of processing methods, particularly steaming, which increased moisture retention due to protein denaturation. Except for the sample that was steamed before dipping, the range of water contents was similar to traditional local products. Water contents of traditional smoked fish products varied between 46–59%^{27,28}. Traditional methods aligned closely with non-steamed samples, suggesting that liquid smoke application can replicate conventional smoking while maintaining product stability^{27,28}. The significant effect of application method ($P \leq 0.01$) supports the role of protein denaturation in water retention. This condition was influenced by increased water-holding capacity (WHC) in treatments B2 and B3 due to protein denaturation, a phenomenon also observed by²⁹ in their work with smoked fresh and frozen fish.

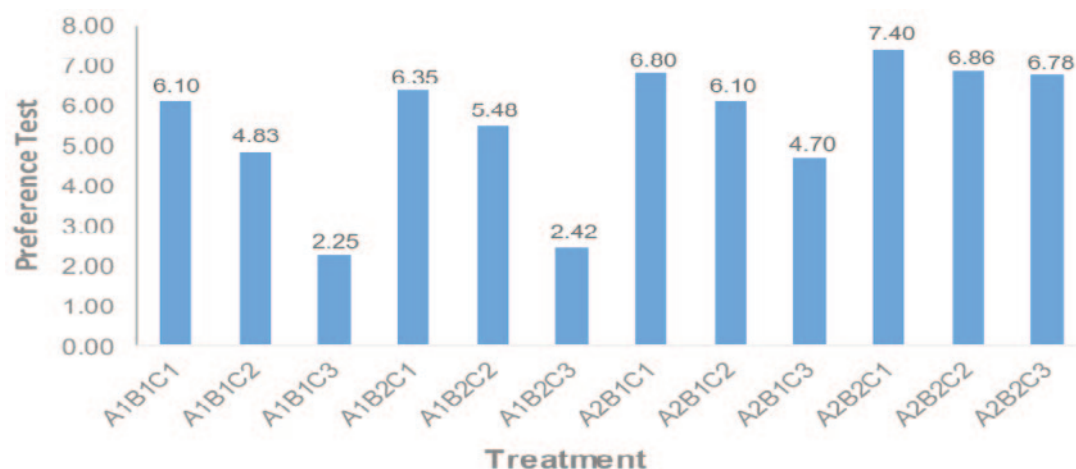
Protein content

Phenol content differences reflect smoke penetration efficiency, with steaming enhancing absorption. Phenol is representative of all smoke components that exist in smoked fish. Increased phenol content, followed also by increased in other smoke components²⁸. The correlation between phenol levels and pH reduction aligns with²⁸, confirming phenol as a key



A1B1C1: control at 0 day; A1B1C2: control at 3 day; A1B1C3: control at 6 day; A1B2C1: sprayed with 2,5% calcium propionat at 0 day; A1B2C2: sprayed with 2,5% calcium A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day propionat at 3 day; A1B2C3: sprayed with 2,5% calcium propionat at 6 day; A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day; A2B2C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 0 day; A2B2C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 3 day; A2B2C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at at 6 day.

Figure 5. Total mold of smoked Eel with different treatments.



A1B1C1: control at 0 day; A1B1C2: control at 3 day; A1B1C3: control at 6 day; A1B2C1: sprayed with 2,5% calcium propionat at 0 day; A1B2C2: sprayed with 2,5% calcium A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day propionat at 3 day; A1B2C3: sprayed with 2,5% calcium propionat at 6 day; A2B1C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 0 day; A2B1C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid at 3 day; A2B1C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid onat at 6 day; A2B2C1: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 0 day; A2B2C2: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at 3 day; A2B2C3: immersed in 15% NaCl + 15% citric acid and sprayed with 2,5% calcium propionate at at 6 day.

Figure 6. Preference test of smoked Eel with different treatments.

smoke component. Traditional methods yielded lower phenol levels than liquid smoke treatments, suggesting intensified flavor profiles in the latter. Phenol contents of traditional hot smoked skipjack of North Sulawesi, Indonesia smoked directly above fire for 3 h were 5.1-9.1mg%^{28,30} found phenol content of the cold smoked salmon for 24h were 184.21±21.75mg GAE/100g. Traditional smoked catfish in Riau, Indonesia smoked with different firewoods have phenol content range of 0.048±0.002 – 0.060±0.003%³¹.

Microbiological Quality and Safety

Microbiological results demonstrate the preservative effect of combined treatments, with reduced bacterial and mold counts compared to controls. The inhibition of spoilage organisms underscores the antimicrobial properties of liquid smoke, consistent with findings in similar studies.

Sensory quality analysis

Sensory analysis revealed that heating before liquid smoke application optimized appearance, flavor, and texture, with 0.8% concentration yielding the highest scores. The comprehensive sensory evaluation demonstrated that flavor scores were generally higher than appearance scores across all treatments, with flavor values being the highest among all sensory

parameters assessed. This probably because of panelists could recognize that the flavor of smoked skipjack that smoked with liquid smoke was better than flavor of conventional smoked skipjack.

The application method of liquid smoke showed varying effects on different sensory attributes. For appearance, only the application method had a significant effect ($P \leq 0.05$), while for taste, smoke concentration showed a highly significant effect ($P \leq 0.01$) and interaction showed a significant effect ($P \leq 0.05$). Interestingly, for texture evaluation, liquid smoke concentration showed no significant effect ($P \geq 0.05$), while application methods demonstrated a significant effect ($P \leq 0.05$). Despite variations in individual parameter scores, all sensory characteristics (appearance, flavor, taste, and texture) indicated that researchers favorably received all assessed samples.

The result also similar to that found by¹⁴ worked with cold smoked mackerel. Furthermore they stated that sample of smoked mackerel at 28°C and the sample of liquid smoked salmon resulted with an equal preference level, followed by sample of cold smoked at 22°C.

The triangle test results provided additional validation of sensory preferences. A study distinguished liquid-smoked products from conventional ones, favoring their enhanced

sensory attributes¹⁴. The triangle test confirmed these preferences, particularly for samples treated with 0.8% liquid smoke, which exhibited superior color, flavor, and texture. The sample that was heated first, dipped in 0.6% liquid smoke and then heated again showed a yellowish-brown color and bright appearance, demonstrating highly significant differences ($P \leq 0.01$) compared to conventional smoked skipjack. Similarly, the 0.8% liquid smoke treatment produced samples with enhanced flavor profiles that were recognized as authentic smoked skipjack flavor and were more preferred, while also providing superior taste quality that was more delicious compared to conventional products.

According to³², components of smoke will penetrate to middle layer during storage, and the dark brown color in surface will change to more light, which explains the visual improvements observed in the liquid smoke treatments¹⁴. worked with cold smoked mackerel at 28°C, found that liquid smoked salmon had a same preference level compared with cold smoked mackerel, supporting the effectiveness of liquid smoke application in producing high-quality smoked fish products.

Overall assesment

Overall, liquid smoke application, especially with pre-heating, improves product quality while maintaining traditional characteristics, offering a viable alternative to conventional smoking methods. The study demonstrates that liquid smoke treatment can effectively replicate and potentially enhance the quality attributes of traditionally smoked skipjack while providing better control over the smoking process.

CONCLUSION

The best application method of liquid smoke for fresh Skipjack fillet was fresh fillet heated at 70-80°C for 4hr, dipped in 0.8% smoked liquid for 20 mins, and then heated again at 70-80°C for 4hr. The second best was fresh fillet steamed for 30 mins, dipped in 0.8% smoked liquid for 20 mins, and then heated at 70-80°C for 4hr.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was funded by grants from Directorate General of Strengthening Research and Development, Indonesian Ministry of Education, Culture, Research and Technology.

REFERENCES

1. Wijayanti I, Susilo ES. Proximate content of wild and cultured eel (*Anguilla bicolor*) in different part of body. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2018 Feb;116:012091.
2. Budimawan. The early life history of the tropical eel *Anguilla marmorata* (Quoy & Gaimard, 1824) from four Pacific estuaries, as revealed from otolith microstructural analysis. J Appl Ichthyol. 1997 Jun;13(2):57–62.
3. Post-larval ecology and behaviour [Internet]. The Eel. Wiley; 2003. p. 119–212. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470995389.ch3>
4. Seo J-S, Choi J-H, Seo J-H, Ahn T-H, Chong W-S, Kim S-H, et al. Comparison of major nutrients in eels *Anguilla japonica* cultured with different formula feeds or at different farms. Fish Aquatic Sci. 2013 Jun 30;16(2):85–92.
5. Nurilmala M, Jacob AM, Sinaga Y, Sudrajat AO, Budiardi T, Wahju RI, et al. Karakteristik Protein dan Struktur Jaringan serta Steroid Ikan Sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) Berdasarkan Lokasi Daging Berbeda. J Pengolah Has Perikan Indones. 2022 Apr 14;25(1):97–106.
6. Lee K, Kim YJ, Hong YK, Song MY, Lee WO, Hwang KT. Lipid content and fatty acid composition of freshwater eels *Anguilla japonica* caught in different seasons and locations in South Korea. Fish Sci. 2020 May;86(3):573–80.
7. Leroi F, Joffraud JJ, Chevalier F. Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold-smoked salmon during storage at 5°C as estimated by the factorial design method. J Food Prot. 2000 Apr;63(4):502–8.
8. Berhimpon S, Souness RA, Buckle KA, Edwards RA. Salting and drying of yellowtail (*Trachurus maculochi* Nichols). Int J Food Sci Technol. 1990 Aug;25(4):409–19.
9. Bienkiewicz G, Tokarczyk G, Biernacka P. Influence of storage time and method of smoking on the content of EPA and DHA acids and lipid quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) meat. Int J Food Sci. 2022 Feb 23;2022:1218347.
10. Mentang F, Montolalu RI, Dien HA, Meko A, Berhimpon S. Shelf life and presence of pathogens in liquid-smoked skipjack pampis packed in vacuum packaging (vp), modified atmosphere packaging (map), and stored at ambient temperature. Nutr clín diet hosp [Internet]. 2022 Dec 4;42(4). Available from: <http://dx.doi.org/10.12873/424mentang>
11. Pūke S, Galoburda R, Straumite E. Effect of pre-treatment on the quality of smoked Baltic sprats. Proc Latv Acad Sci Sect B Nat Exact Appl Sci. 2022 Feb 1;76(1):69–75.
12. Good Manufacturing Practise (GMP) for Small and Medium-sized Traditional Fish Products Processing Establishments in ASEAN. In: Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC). 2010.
13. North Sulawesi Fisheries and Marine Affairs State Agency (NSF-MASA). In: Indonesia: Fisheries Statistics of North Sulawesi. 2014.
14. Agustinelli SP, Yeannes MI. Sensorial characterization and consumer preference analysis of smoked mackerel (*Scomber japonicus*) fillets. International Food Research Journal. 2015;22(5):2010–7.
15. Simon R, de la Calle B, Palme S, Meier D, Anklam E. Composition and analysis of liquid smoke flavouring primary products. J Sep Sci. 2005 Jun;28(9–10):871–82.
16. Lingbeck JM, Cordero P, O'Bryan CA, Johnson MG, Ricke SC, Crandall PG. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. Meat Sci. 2014 Jun;97(2):197–206.
17. Martinez CC, Machado TJ. Consumer evaluation of cold smoked fat in beef sausages. International Food Research Journal. 2016;23(4).

18. Iwegbue CMA, Bassey FI, Tesi GO, Onyeloni SO, Obi G, Martin-cigh BS. Safety evaluation of metal exposure from commonly used moisturizing and skin-lightening creams in Nigeria. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2015 Apr;71(3):484–90.
19. Swastawati F, Surti T, Agustini TW, Riyadi PH. Benzo (a) pyrene potential analysis on smoked fish (case study: Traditional method and smoking kiln). *KnE Life Sci*. 2015 Feb 1;2(1):156.
20. Essumang DK, Dodoo DK, Adjei JK. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination in smoke-cured fish products. *J Food Compos Anal*. 2012 Sep;27(2):128–38.
21. Muyela B, Shitandi A, Ngure R. Determination of benzo [a] pyrene levels in smoked and oil fried *Lates niloticus*. *International food research Journal*. 2012;19(4).
22. Olatunji OS, Fatoki OS, Opeolu BO, Ximba BJ. Benzo [a] pyrene and Benzo [k] fluoranthene in some processed fish and fish products. *International journal of environmental research and public health*. 2015;12(1):940–51.
23. Swastawati F, Darmanto YS, Sya'rani L, Kuswanto KR, Taylor KDA. Quality characteristics of smoked skipjack (*katsuwonus pelamis*) using different liquid smoke. *Int J Biosci Biochem Bioinforma*. 2014;4(2):94–9.
24. AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. AOAC International; 2006. 2400 p.
25. Meilgaard MC, Carr BT, Civille GV. *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press; 1999.
26. Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. New York: McGraw-Hill; 1980.
27. Puke S, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Galoburda R, Latvia University of Life Sciences and Technologies. Factors affecting smoked fish quality: a review. In: *Research for Rural Development 2020 : annual 26th International scientific conference proceedings* [Internet]. Latvia University of Life Sciences and Technologies; 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.22616/rrd.26.2020.020>
28. Berhimpon S, Montolalu RI, Dien HA, Mentang F, Meko AUI. Concentration and application methods of liquid smoke for exotic smoked Skipjack (*Katsuwonus pelamis* L). *International Food Research Journal*. 2018;5(5).
29. Lakshmanan R, Parkinson JA, Piggott JR. High-pressure processing and water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). *Lebenson Wiss Technol*. 2007 Apr;40(3):544–51.
30. Kang J, Tang S, Liu RH, Wiedmann M, Boor KJ, Bergholz TM, et al. Effect of curing method and freeze-thawing on subsequent growth of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon. *J Food Prot*. 2012 Sep;75(9):1619–26.
31. Leksono T, Suprayitno E, Purnomo H. Profile Of Fish Smoking (*Pangasius Hypophthalmus*) In Riau Province Indonesia. 2016.
32. Berhimpon S, Montolalu RI, Dien HA, Mentang F. Studies on exotic and non-carcinogenic smoked fish, in order to increase economic value of product. 2013.

Suplementação de vitamina D, diagnóstico precoce e amamentação exclusiva contribuem na adequação dos indicadores antropométricos em pacientes com fibrose cística

Vitamin D supplementation, early diagnosis and exclusive breastfeeding contribute to the adequacy of anthropometric indicators in patients with cystic fibrosis

Aryanne da Silva NASCIMENTO¹, Larissa de Oliveira SOARES², José Tallys Santos SILVA¹, Anelice Peixoto TEIXEIRA¹, Myrtis Katille de Assunção BEZERRA¹, Maria Izabel Siqueira de ANDRADE¹

1 Faculdade de Nutrição (FANUT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

2 Unidade Multiprofissional, Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA).

Recibido: 10/julio/2025. Aceptado: 13/agosto/2025.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o estado nutricional e fatores associados em pacientes pediátricos com fibrose cística.

Métodos: Série de casos realizada no período de junho de 2023 a fevereiro de 2024, no ambulatório de pediatria do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes da Universidade Federal de Alagoas. Amostragem não probabilística por conveniência, incluídos pacientes de 0 a 18 anos com diagnóstico de fibrose cística. Foram obtidas variáveis demográficas, socioeconômicas, clínicas, antropométricas e de aleitamento materno, considerando-se, na análise dos dados, o valor de $p < 0,05$ para verificação de significância estatística.

Resultados: Participaram do estudo 24 pacientes, sendo 50% ($n=12$) do sexo feminino. A maioria recebeu o diagnóstico da doença antes dos 6 meses (91%; $n=20$), e, destes, 45% ($n=9$) foram diagnosticados no primeiro mês de vida. Foram identificados percentuais de 9,5%, 13,6% e 19,0% de crianças com Z-score abaixo de -2DP para IMC/I ($\pm DP = -2,5 \pm 0,19$), P/I ($\pm DP = -3,15 \pm 0,73$) e E/I ($\pm DP = -2,8 \pm 0,7$), respectivamente. O aleitamento materno exclusivo até os 6 meses de vida foi relatado por 23,8% dos responsáveis ($n=5$). A vitamina D foi uti-

lizada por 91,7% ($n=22$) da amostra e estes apresentaram maiores escores de P/I ($-0,01 \pm 1,4$ Vs. $-3,19 \pm 1,0$; $p=0,013$). O IMC/I abaixo de -2DP associou-se a maior mediana de tempo para o diagnóstico (37,5 meses Vs. 1 mês; $p=0,046$) e a E/I abaixo de -2DP relacionou-se com menor tempo de aleitamento materno exclusivo (1 mês Vs. 3 meses; $p=0,014$).

Conclusão: Foram achados percentuais importantes de crianças e adolescentes com Z-score abaixo de -2DP nos índices de P/I, E/I e IMC/I, sendo evidenciadas associações entre os indicadores antropométricos com variáveis clínicas e de aleitamento materno. Faz-se importante o monitoramento antropométrico contínuo de menores que vivem com fibrose cística, bem como os fatores de risco para os desvios do estado nutricional, visando prevenir ou tratar situações que possam ocasionar pior qualidade de vida e prognóstico da doença.

DESCRITORES

Fibrose Cística; Estado Nutricional; Doença Crônica; Pediatria.

ABSTRACT

Objective: To assess the nutritional status and associated factors in pediatric patients with cystic fibrosis.

Methods: This case series was conducted from June 2023 to February 2024 at the pediatric outpatient clinic of the Professor Alberto Antunes University Hospital of the Federal University of Alagoas. A non-probabilistic convenience sam-

Correspondencia:
Aryanne da Silva Nascimento
nutriaryannenascimento@gmail.com

pling was used, including patients aged 0 to 18 years diagnosed with cystic fibrosis. Demographic, socioeconomic, clinical, anthropometric, and breastfeeding variables were collected, with a p-value <0.05 being used for statistical significance.

Results: Twenty-four patients participated in the study, 50% (n=12) female. Most were diagnosed before 6 months of age (91%; n=20), and of these, 45% (n=9) were diagnosed within the first month of life. Percentages of 9.5%, 13.6% and 19.0% of children with Z-scores below -2SD for BMI/A ($\bar{x} \pm SD = -2.5 \pm 0.19$), W/A ($\bar{x} \pm SD = -3.15 \pm 0.73$) and H/A ($\bar{x} \pm SD = -2.8 \pm 0.7$), respectively, were identified. Exclusive breastfeeding until 6 months of age was reported by 23.8% of guardians (n=5). Vitamin D was used by 91.7% (n=22) of the sample and these had higher W/A scores (-0.01 ± 1.4 vs. -3.19 ± 1.0 ; $p=0.013$). A BMI/A ratio below -2 SD was associated with a longer median time to diagnosis (37.5 months vs. 1 month; $p=0.046$), and a H/A ratio below -2 SD was associated with a shorter duration of exclusive breastfeeding (1 month vs. 3 months; $p=0.014$).

Conclusion: Significant percentages of children and adolescents with Z-scores below -2 SD for W/A, H/A, and BMI/A were found, demonstrating associations between anthropometric indicators and clinical and breastfeeding variables. Continuous anthropometric monitoring of children living with cystic fibrosis is important, as is the identification of risk factors for nutritional status deviations, aiming to prevent or treat situations that may lead to a worse quality of life and prognosis of the disease.

KEYWORDS

Cystic Fibrosis; Nutritional Status; Chronic Disease; Pediatrics.

ABREVIACÕES

AME: Aleitamento materno exclusivo.

FC: Fibrose cística.

OMS/WHO: Organização Mundial da Saúde/*World Health Organization*.

REBRAFC: Registro Brasileiro de Fibrose Cística.

GBEFC: Grupo Brasileiro de Estudos de Fibrose Cística.

HUPAA: Hospital Universitário Professor Alberto Antunes.

UFAL: Universidade Federal de Alagoas.

IQ: Intervalo interquartilico.

IMC: Índice de massa corporal.

IMC/I: IMC-para-idade.

P/I: Peso-para-idade.

E/I: Estatura-para-idade.

P/E: Peso-para-estatura.

INTRODUÇÃO

A fibrose cística (FC) é considerada rara no Brasil, atingindo um a cada dez mil nascidos vivos¹. De acordo com o Grupo Brasileiro de Estudos de Fibrose Cística (GBEFC), a população assistida em detrimento da patologia é particularmente pediátrica. Dados do último Registro Brasileiro de Fibrose Cística (REBRAFC), coletados até o dia 31/12/2020, estimam que aproximadamente 6.112 indivíduos brasileiros eram portadores desta doença genética¹.

O diagnóstico da FC deve ser precoce e geralmente é feito concomitantemente à triagem neonatal com o teste do pezinho, no qual, apresentando duas dosagens positivas de trip-sinogênio imunorreativo, ocorre o encaminhamento para a confirmação ou exclusão diagnóstica pelo teste do suor², método padrão ouro no Brasil¹.

Sinais e sintomas comuns da FC como a tosse persistente, expectoração excessiva de muco, insuficiência pancreática, diarreia crônica e esteatorreia, associados à diminuição da ingestão alimentar frequente na doença, corroboram para um balanço energético negativo, o qual pode culminar no baixo ganho pondero-estatural, principalmente nos primeiros meses de vida³.

Uma coorte prospectiva com duração de 36 meses (entre 2009 a 2012) composta por 38 pacientes de 1 a 15 anos, com FC e em seguimento clínico no Ambulatório Interdisciplinar de Fibrose Cística em um centro de referência para o tratamento no estado de Santa Catarina, classificou 57,9% indivíduos (n=22) com estado nutricional aceitável (> percentil 25), 28,9% (n=11) em risco nutricional (percentil 10-25) e 13,2% (n=5) em falência nutricional (< percentil 10), de acordo com os índices de peso para estatura em <2 anos e IMC para idade em ≥2 anos por meio das curvas de crescimento da *World Health Organization* (WHO) 2006/2007, associando estes que estão em risco e falência com a piora da função pulmonar⁴.

Dessa forma, diante do risco de desnutrição, o monitoramento nutricional e clínico mostra-se importante para evitar esta e demais complicações associadas à enfermidade. Neste contexto sugere-se que o uso de suplementos adequados para idade e condição clínica, aliado ao aleitamento materno sejam encorajados como fator protetor de doenças respiratórias e menor susceptibilidade a infecções⁶. De acordo com Brighente⁷, a prevalência da amamentação na FC ainda é baixa, principalmente após os 6 meses de idade, sendo decorrente de fatores como gravidade da doença, desinformação materna e dificuldades na prática.

Por fim, mais uma vez o diagnóstico precoce mostra-se altamente necessário para garantir maior sobrevida para os portadores de FC, assim como a assistência de uma equipe multiprofissional desde este primeiro momento, para que assim haja continuidade no tratamento, prevenindo, desta

forma, a piora do quadro⁸. Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o estado nutricional e seus fatores associados em pacientes pediátricos com FC.

MÉTODOS

Estudo do tipo série de casos, realizado no período de junho de 2023 a fevereiro de 2024, no ambulatório de pediatria do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes da Universidade Federal de Alagoas (HUPAA/UFAL), localizado em Maceió, capital do Estado de Alagoas.

A amostra foi constituída por crianças e adolescentes diagnosticadas com FC e acompanhadas ambulatorialmente no HUPAA/UFAL durante o período do estudo. Foram incluídos indivíduos de ambos os sexos e com idade entre 0 a 18 anos. Foram excluídas da amostra pacientes internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), com doenças em fase terminal ou neurológicas e com limitações para a avaliação nutricional.

A inclusão dos participantes foi realizada por amostragem não probabilística por conveniência, sendo admitidos todos aqueles, com diagnóstico de FC, que foram atendidos no HUPAA/UFAL nos meses correspondentes à pesquisa. Para aquisição das variáveis de interesse foi utilizado questionário elaborado especialmente para o estudo.

O estudo seguiu os princípios éticos estabelecidos na Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFAL (CEP/UFAL), de acordo com a Resolução Nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, sob o CAAE de número 72811823.1.0000.5013 (para o estudo com menores de 2 anos de idade) e 83624524.9.0000.5013 (para crianças ≥ 2 anos e adolescentes). Os dados somente foram coletados após a autorização do responsável pelo paciente através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE.

Variáveis demográficas e socioeconômicas

Sexo, idade e cor da pele da criança foram avaliados, bem como escolaridade materna e renda familiar mensal autodeclarada.

Para classificação do *status* socioeconômico, foram utilizados os Critérios de Classificação Econômica Brasil 2022 (CCEB) [<https://www.abep.org/criterio-brasil>], dividindo as classes nas categorias alta (A1 – A2), média (B1 – C1) e baixa (C2 – E).

Variáveis clínicas

Os dados relacionados ao diagnóstico clínico de FC, manifestações clínicas e presença de outras comorbidades foram transcritos dos prontuários dos pacientes e também coletados durante o momento da consulta ambulatorial. Também foram verificados se existem antecedentes patológicos.

Ademais, dados referentes ao uso de enzimas geralmente utilizadas no tratamento da FC e/ou suplementação prescrita foram investigados.

Variáveis antropométricas

Foram obtidas medidas de peso atual, estatura e circunferências corporais. Além disso, dados como peso, comprimento e perímetro cefálico ao nascer foram coletados do cartão da criança.

Para a aferição do peso foi utilizada uma balança pediátrica digital calibrada para crianças com ≤ 2 anos e balança do tipo plataforma em crianças maiores. A altura foi medida com o auxílio de um infantômetro quando ≤ 2 anos e um estadiômetro quando > 2 anos. Com estas medidas (peso e estatura) foram calculados os indicadores de peso-para-idade (P/I), estatura-para-idade (E/I), peso-para-estatura (P/E) e IMC-para-idade (IMC/I) expressos em escore Z, através do *software WHO Anthro*. A classificação foi realizada de acordo com as tabelas de Padrão de Crescimento Infantil propostas pela WHO⁹ correspondentes a cada índice antropométrico.

Aleitamento materno

Foram coletados no momento da entrevista dados referentes à prática do aleitamento materno, sendo as variáveis: aleitamento materno exclusivo (AME) (sim ou não), prática da *golden hour* (sim ou não), tempo de AME (meses), idade do desmame (meses) e motivo do desmame.

Análise estatística

Os dados foram digitados no software Microsoft Excel. As análises estatísticas foram realizadas usando o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Estatísticas descritivas incluindo frequências absolutas e relativas foram utilizadas para descrever a amostra. Dados contínuos foram testados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo apresentados como médias e desvios-padrão quando demonstrassem distribuição gaussiana ou medianas acompanhadas de seus respectivos intervalos interquartílicos, quando não gaussianas. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Levene. As associações foram testadas a partir do teste Exato de Fisher ou Mann-Whitney (a depender do tipo de variável), sendo considerado o valor de $p < 0,05$ para verificação de significância estatística.

RESULTADOS

Participaram do estudo 24 pacientes residentes em Alagoas, sendo 50% ($n=12$) do sexo feminino. A mediana da idade foi de 1 ano e 2 meses, com intervalo interquartílico (IQ) = 4 meses – 5 anos e 6 meses, incluindo-se crianças e adolescentes na faixa etária de 2 meses a 18 anos de idade.

Acerca do status socioeconômico, 75% (n=18) relatou renda abaixo de R\$1.965,87, que classifica o grupo no estrato socioeconômico baixo (Tabela 1).

Tabela 1.

Variáveis	N	%
Sexo		
Feminino	12	50,0
Masculino	12	50,0
Cor da pele^a		
Branco	11	45,8
Pardo	13	54,2
Status socioeconômico^b		
Classe média	6	25,0
Classe baixa	18	75,0
Escolaridade materna		
≤8 anos	9	37,5
>8 anos	15	62,5

^a Cor da pele da criança referida pelo responsável.

^b Classe média = subcategorias B1-C1; Classe baixa = subcategorias C2-E, conforme os Critérios de Classificação Econômica Brasil 2022.

A maioria dos pacientes recebeu o diagnóstico de FC antes dos 6 meses de idade (91%; n=20), e, dentre estes, 45% (n=9) foram diagnosticados ainda no primeiro mês de vida. Das manifestações clínicas, foram identificadas frequências importantes de indivíduos com sintomas respiratórios e gastrointestinais, destacando-se a tosse (55%; n=11) e a distensão abdominal (36%; n=8) como as mais relatadas (Tabela 2).

Dos suplementos vitamínicos e minerais, a vitamina D é consumida por 91,7% (n=22) da amostra (Tabela 2).

A maior parte dos pacientes não apresentava comorbidades, como diabetes mellitus, hipertensão arterial sistêmica e cardiopatias. A mediana de NaCl na primeira dosagem do teste do suor foi de 117,0 mmol/L (IQ = 112,0 – 132,0 mmol/L) e na segunda dosagem de 110,0 mmol/L (IQ = 101,5 – 115,5 mmol/L); já para o cloro, as medianas foram de 92,0 mEq/L (IQ = 86,0 – 132,0 mEq/L) e 95,0 mEq/L (IQ = 85,0 – 107,0 mEq/L), na primeira e segunda dosagem, respectivamente.

O estado nutricional foi explorado por meio dos índices antropométricos de P/I, E/I e IMC/I (Tabela 3). Foram identi-

Tabela 2. Variáveis clínicas de pacientes pediátricos com fibrose cística atendidos no HUPAA/UFAL. Maceió-AL, 2023-2024

Variáveis	N	%
Idade do diagnóstico		
≤6 meses	20	91,0
>6 meses	2	9,0
Manifestações clínicas		
Respiratórias	8	40,0
Gastrointestinais	5	25,0
Ambas	7	35,0
Uso de enzimas pancreáticas		
Sim	21	87,5
Não	3	12,5
Suplementação de ferro		
Sim	12	52,2
Não	11	47,8
Suplementação de vitamina D		
Sim	22	91,7
Não	2	8,3
Suplementação de vitaminas lipossolúveis		
Sim	9	40,9
Não	13	59,1

Tabela 3. Indicadores antropométricos de pacientes pediátricos com fibrose cística atendidos no HUPAA/UFAL. Maceió-AL, 2023-2024

Variáveis	N	%
Peso-para-idade		
<-2 EZ	3	13,6
≥-2 EZ	19	86,4
Estatura-para-idade		
<-2 EZ	4	19,0
≥-2 EZ	17	81,0
IMC-para-idade		
<-2 EZ	2	9,5
≥-2 EZ	19	90,5

Classificação realizada de acordo com as tabelas de Padrão de Crescimento Infantil propostas pela *World Health Organization – WHO*⁹.

cados percentuais de 9,5%, 13,6% e 19,0% de crianças com Z-score abaixo de -2DP para IMC/I ($\pm DP = -2,5 \pm 0,19$), P/I ($\pm DP = -3,15 \pm 0,73$) e E/I ($\pm DP = -2,8 \pm 0,7$), respectivamente. O P/E não consta na tabela, pois todas as crianças apresentaram Z-score acima de -2. A distribuição do estado nutricional de acordo com os indicadores avaliados está descrita nas figuras 1, 2 e 3.

O aleitamento materno exclusivo até os 6 meses de vida foi relatado por 23,8% dos responsáveis pelas crianças ($n=5$). Outrossim, o desmame ocorreu em um período menor que 6 meses em 64,3% dos casos ($n=9$). A mediana referente ao tempo de AME foi de 3 meses (IQ = 1–5 meses) e do desmame de 3,5 meses (IQ = 2,75–7,0 meses). Dentre as causas que motivaram o desmame, a mais comum foi a baixa aceitação (42,9%; $n=6$), também foram citadas dificuldade na pega, baixa aceitação associada a pouca produção do leite materno e dificuldade na pega associada à baixa produção, com percentual de 7,1% ($n=1$) em todos estes casos supracitados.

Com relação às associações entre as variáveis exploratórias e o estado nutricional foi evidenciado que crianças em uso da suplementação de vitamina D encontram-se em maiores escores de P/I ($-0,01 \pm 1,4$ Vs. $-3,19 \pm 1,0$; $p=0,013$), pacientes com

IMC/I abaixo de -2DP demonstraram maior mediana de tempo para o diagnóstico da doença (37,5 meses Vs. 1 mês; $p=0,046$) e indivíduos com E/I abaixo de -2DP apresentaram menor tempo de aleitamento materno exclusivo (1 mês Vs. 3 meses; $p=0,014$) (Dados não apresentados em tabelas).

DISCUSSÃO

O propósito deste trabalho foi avaliar se os fatores socioeconômicos, demográficos, clínicos e de aleitamento materno estão associados de alguma forma com o estado nutricional de crianças e adolescentes alagoanos diagnosticados com FC. Neste contexto, indivíduos que fizeram uso de suplementos de vitamina D, foram amamentados exclusivamente por mais tempo e diagnosticados precocemente apresentaram melhores escores dos indicadores antropométricos.

A associação entre o diagnóstico e acompanhamento precoces e melhores indicadores antropométricos também foi observada por Martins et al.¹⁰. O trabalho avaliou 47 crianças com FC e encontrou que as crianças diagnosticadas precocemente por triagem neonatal apresentaram um aumento médio de 31,2 pontos percentuais no percentil do IMC após 12 meses de acompanhamento nutricional.

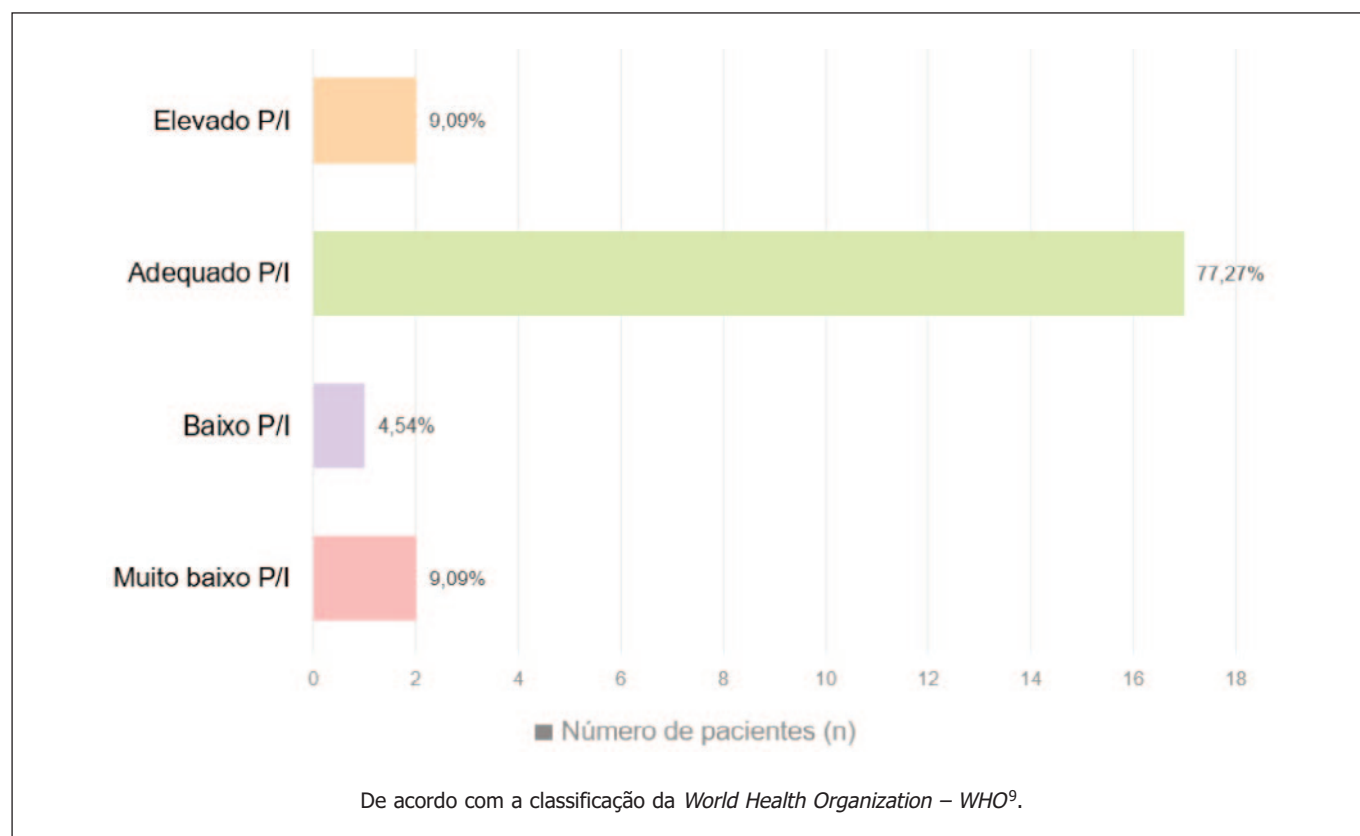


Figura 1. Estado nutricional de crianças diagnosticadas com fibrose cística assistidas pelo HUPAA segundo os indicadores de P/I. Maceió-AL, 2023-2024

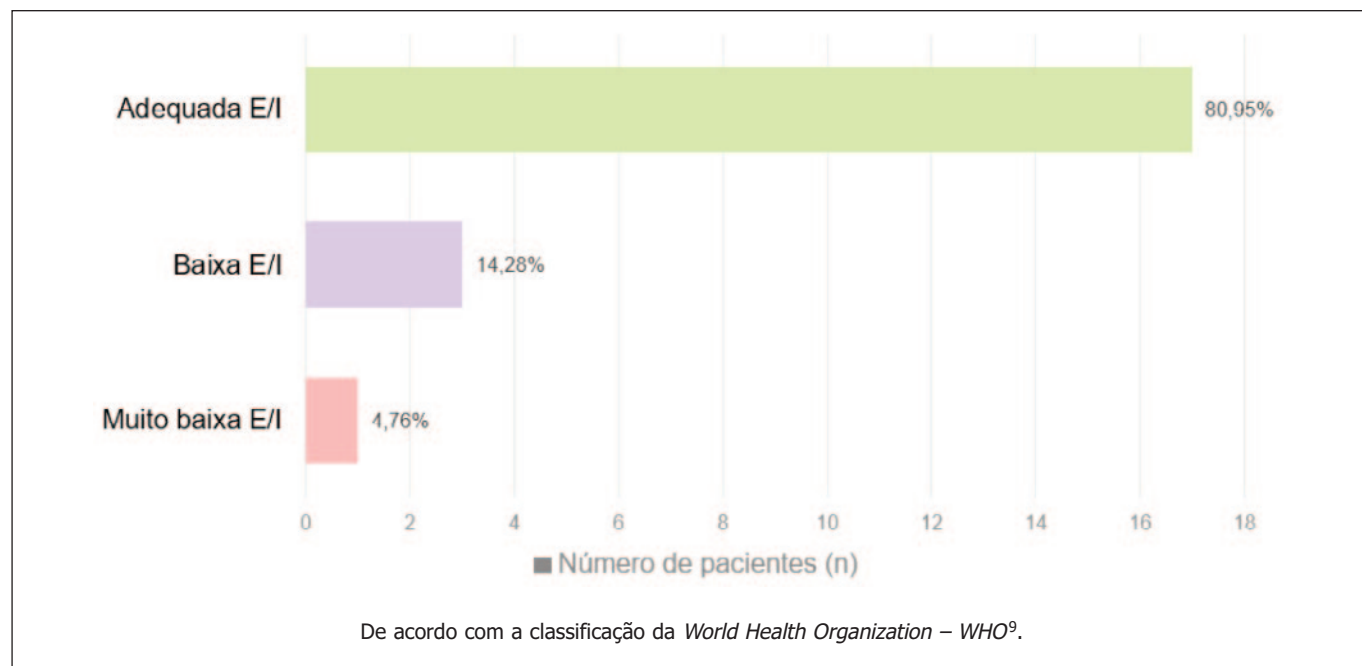


Figura 2. Estado nutricional de crianças diagnosticadas com fibrose cística assistidas pelo HUPAA segundo os indicadores de E/I. Maceió-AL, 2023-2024

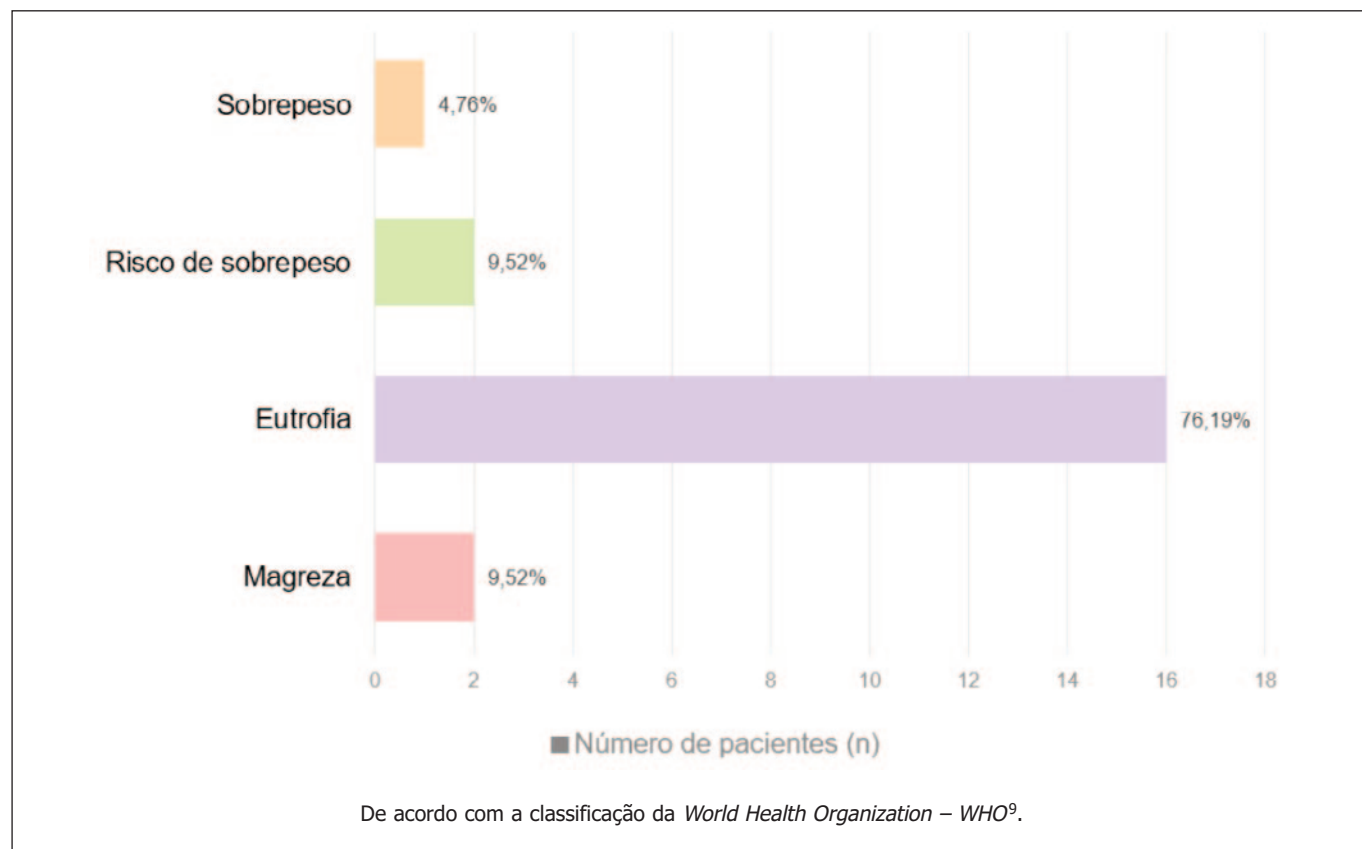


Figura 3. Estado nutricional de crianças diagnosticadas com fibrose cística assistidas pelo HUPAA segundo os indicadores de IMC/I. Maceió-AL, 2023-2024

A mais recente diretriz ESPEN-ESPGHAN-ECFS⁵ sobre cuidados nutricionais para FC, de 2023, enfatiza a importância e obrigatoriedade da suplementação de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) em indivíduos com insuficiência pancreática associadas à FC, visto que a absorção destas é comprometida devido a deficiência na secreção de enzimas pancreáticas¹¹. Porém, neste estudo, foi possível observar que aproximadamente 60% da amostra não suplementa as vitaminas A, E e K (59,1%; n=13), o que pode ser prejudicial se não houver monitoramento.

Rana e colaboradores¹² fizeram uma análise retrospectiva dos níveis de vitaminas lipossolúveis de crianças e adolescentes que vivem com FC, com idade ≤ 18 anos, residentes na Austrália. Os pesquisadores constataram que a deficiência de ao menos uma vitamina lipossolúvel estava presente em 45% do grupo avaliado (n=240) no primeiro exame, antes da suplementação, sendo que 10 a 35% destes pacientes apresentam insuficiência pancreática. Após a terapia com suplementação, os níveis e qualidade de vida aumentaram significativamente¹².

Não foram encontrados na literatura estudos que correlacionaram a suplementação de vitamina D ou níveis séricos adequados deste micronutriente com o índice de P/I. Porém, ao contrário do presente trabalho, um estudo observacional realizado em um hospital de Uberaba (MG, Brasil) utilizou o teste exato de Fisher para buscar associação entre o IMC e níveis séricos de vitamina D em crianças e adolescentes ambulatoriais, encontrando $p=0,053$, valor próximo ao limite estabelecido que configura significância, relacionando maiores índices de massa corporal a hipovitaminose D¹³.

Em relação ao AME, a OMS recomenda que o lactente seja amamentado exclusivamente por, no mínimo, 6 meses de vida, sendo também essa a recomendação para crianças com FC, porém, aliada a suplementação de sódio oral, visto que o percentual de sódio no leite humano pode ser inferior às necessidades destes pacientes^{14,15}. Neste estudo, a mediana de tempo de AME foi de 3 meses (IQ = 1,0 – 5,0 meses), sendo encontrados na literatura resultados similares: (1) Zirke¹⁶ avaliou os dados até o primeiro ano de vida de pacientes com FC assistidos por um hospital referência em Florianópolis (SC, Brasil) e encontrou mediana de 2,78 meses (IQ = 1,03 – 4,11 meses); (2) Uma pesquisa observacional realizada com 146 pacientes pediátricos com FC, assistidos pelo Centro de FC da Universidade de Milão, de setembro de 2003 a abril de 2004, obteve mediana de 3 meses para o tempo de AME¹⁷; (3) Um estudo observacional analítico de coorte retrospectivo realizado em Florianópolis (SC, Brasil), buscou avaliar a influência da modalidade dietética e estado nutricional na hospitalização em crianças com FC de até dois anos de idade. A mediana deste estudo realizado por Fuhrmann¹⁸ foi de 2,26 meses (IQ = 1,01 – 4,59 meses).

Segundo os dados publicados no último relatório do Estudo Nacional de Alimentação e Nutrição Infantil¹⁹, em 2021, a du-

ração mediana do AME foi de 3,0 meses. A região Sul teve maior prevalência de AME em menores de 6 meses (54,3%), sendo a região Nordeste (39,0%) a com menor prevalência; porém, o aleitamento materno continuado durante os primeiros anos de vida foi mais prevalente na região Nordeste (51,8%). De todo modo, os achados no Brasil mostram que a prática do AME e continuado ainda é inferior ao preconizado pela OMS, reforçando a importância de estimular e reforçar políticas públicas que apoiem esta causa, sabendo de todos os benefícios que a amamentação exerce sobre a saúde da mãe e da criança¹⁹.

Apesar de reconhecer que o AME contribui para o desenvolvimento pôndero-estatural⁶, não foram encontrados mais estudos que demonstrem resultados similares ao achado nesta amostra, na qual quanto maior foi o período de AME, maiores foram os escores de E/I. Na maioria dos trabalhos disponíveis, incluindo crianças sem FC, como é o caso da pesquisa publicada por Jonsdottir et al.²⁰, não há diferença significativa entre a estatura de crianças amamentadas por 4 meses e crianças amamentadas por 6 meses. Em uma revisão sistemática realizada por Colombo et al.²¹ na qual foram investigados nove estudos observacionais, a fim de avaliar a prevalência do AME na população com FC e seu impacto nos desfechos antropométricos e pulmonares, os desfechos não ficaram bem esclarecidos, necessitando de mais pesquisas com a temática.

Limitações

Apesar da amostra ser significativa para a população de crianças e adolescentes com FC no estado de Alagoas, ainda assim é uma frequência absoluta pequena, o que prejudica a pesquisa e encontro de associações entre o estado nutricional e as variáveis estudadas.

Salientamos alguns pontos importantes para melhor interpretação dos resultados aqui apresentados, como a impossibilidade de relações causais; o quantitativo amostral de pacientes, o que interferiu na determinação de inferências mais robustas; e a escassez de estudos que elucidaram os detalhes no tocante às relações do estado nutricional e os fatores associados em crianças e adolescentes com FC, especialmente no território brasileiro.

Vale ressaltar que esta é a primeira pesquisa que busca avaliar os pacientes pediátricos com FC do HUPAA, serviço de referência em Alagoas para o tratamento da doença. Apesar da amostra ser pequena, o N representa 57,14% do total de pacientes diagnosticados com FC no estado – segundo o último relatório publicado pelo GBEFC¹.

CONCLUSÕES

Houve percentuais importantes de crianças e adolescentes com Z-score abaixo de -2DP nos índices de P/I, E/I e IMC/I, sendo evidenciadas associações significantes entre os indica-

dores antropométricos com variáveis clínicas (uso de suplementação de vitamina D e tempo de diagnóstico) e de aleitamento materno.

Espera-se que os resultados encontrados neste estudo possam servir como base e incentivo para guiar pesquisas futuras com este público, trazendo à tona a importância de acompanhar e reconhecer os mecanismos pelos quais o estado nutricional sofre tais alterações, causando piora na qualidade de vida e prognóstico da doença, visto que esta influencia diretamente na taxa de metabolismo basal e, consequentemente, no gasto energético.

REFERÊNCIAS

- Grupo Brasileiro de Estudos de Fibrose Cística. Registro Brasileiro de Fibrose Cística (REBRAFC) ano 2021. GBEFC: São Paulo, 2021.
- Castellani C, Linnane B, Pranke I, Cresta F, Sermet-Gaudelus I, Peckham D. Cystic Fibrosis Diagnosis in Newborns, Children, and Adults. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019 Nov 3;40(06):701–14.
- Errante PR, Cintra HC. Aspectos Fisiopatológicos, diagnóstico e tratamento da fibrose cística. *UNILUS Ensino e Pesquisa*. 2018; 14(37):166-178. <https://doi.org/>
- Hauschild DB, Rosa AF, Ventura JC, Barbosa E, Moreira EAM, Ludwig Neto N, Moreno YMF. Associação do estado nutricional com função pulmonar e morbidade em crianças e adolescentes com Fibrose Cística: Coorte de 36 meses. *Revista Paulista de Pediatria*. 2018;36:31-38.
- Wilschanski M, Munck A, Carrion E, Cipolli M, Collins S, Colombo C, et al. ESPEN-ESPGHAN-ECFS guideline on nutrition care for cystic fibrosis. *Clinical Nutrition*. 2024;43(2):413-445.
- Brasil. Saúde da criança: aleitamento materno e alimentação complementar. 2. ed. Brasília.: Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica; 2015. p. 184.
- Brighente LS. Associação de fatores dietéticos com o crescimento nos dois primeiros anos de vida em crianças com fibrose cística: uma revisão sistemática [trabalho de conclusão de curso]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2021.
- Brownell JN, Bashaw H, Stallings VA. Growth and Nutrition in Cystic Fibrosis. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019 Oct 28;40(06):775–91.
- Sanità D. WHO child growth standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. Geneva: World Health Organization; 2006.
- Martins JP, Forte GC, Simon MIS dos S, Epifanio M, Pinto LA, Marostica PJC. The role of neonatal screening in nutritional evolution in the first 12 months after diagnosis of cystic fibrosis. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2018 Nov;64(11):1032–7.
- Strandvik B. Nutrition in Cystic Fibrosis—Some Notes on the Fat Recommendations. *Nutrients*. 2022 Jan 1;14(4):853.
- Rana M, Wong-See D, Katz T, Gaskin K, Whitehead B, Jaffe A, et al. Fat-soluble vitamin deficiency in children and adolescents with cystic fibrosis. *Journal of clinical pathology*. 2014;67(7):605-608.
- Mendonça M, Souza G, Roriz J, Calapodopulos N, Vírgina Weffort. Correlation between serum levels of vitamin D and BMI of children and adolescents attended in a university outpatient clinic. *Residência Pediátrica*. 2023 Jan 1 [cited 2025 Feb 22];13(2).
- Neri L de CL, Simon MIS dos S, Ambrósio VLS, Barbosa E, Garcia MF, Mauri JF, et al. Brazilian Guidelines for Nutrition in Cystic Fibrosis. *Einstein (São Paulo)*. 2022;20:eRW5686.
- Sociedade Brasileira De Pediatria SBDP. Terapia Nutricional da Criança com Fibrose Cística.: Departamentos Científicos de Suporte Nutricional e Pneumologia (2019-2021); 2021.
- Zirke AB. Associação entre o estado nutricional e complicações clínicas em pacientes com fibrose cística no primeiro ano de vida. Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Nutrição] - Universidade Federal de Santa Catarina; 2022.
- Colombo C, Costantini D, Zazzeron L, Faelli N, Russo MC, Ghisleni D, et al. Benefits of breastfeeding in cystic fibrosis: a single-centre follow-up survey. *Acta Paediatrica*. 2007;96(8):1228-1232.
- Fuhrmann MSA. Influência da modalidade dietética e estado nutricional na hospitalização nos primeiros 2 anos de vida de crianças com fibrose cística. 2023.
- Universidade Federal Do Rio De Janeiro UFRJ. Aleitamento materno: prevalência e práticas de aleitamento materno em crianças brasileiras menores de 2 anos 4: ENANI 2019. Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2021.
- Jonsdottir OH, Kleinman RE, Wells JC, Fewtrell MS, Hibberd PL, Gunnlaugsson G, Thorsdottir I. Exclusive breastfeeding for 4 versus 6 months and growth in early childhood. *Acta Paediatrica*. 2014;103(1):105-111.
- Colombo C, Alicandro G, Daccò V, Consales A, Mosca F, Agostoni C, et al. Breastfeeding in Cystic Fibrosis: A Systematic Review on Prevalence and Potential Benefits. *Nutrients*. 2021 Sep 18; 13(9):3263.

Enhancing the bioactive profile of lemon-based beverages through varietal honey supplementation: a multi-assay antioxidant evaluation

Yusma Indah JAYADI^{1,2}, Ahmad SULAEMAN¹, Eny PALUPI¹, Mira DEWI¹, HARDINSYAH¹

¹ Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia.

² Department of Public Health, Faculty of Health and Medicine, Universitas Islam Negeri Alauddin, Gowa, Indonesia.

Recibido: 15/junio/2025. Aceptado: 13/agosto/2025.

ABSTRACT

Introduction: Lemon (*Citrus limon*) is one of the most widely cultivated citrus fruits in the world. Its bioactive components, citric acid plays a crucial role in energy metabolism through the citric acid cycle and demonstrates antioxidant activity by neutralizing harmful free radicals. Several studies have suggested a potential link between lemon consumption and blood pressure regulation.

Objectives: This study aimed to compare the antioxidant capacity of lemon-based beverages formulated with three types of honey (Calliandra, Acacia honey, and Kelulut) using complementary antioxidant assays (CUPRAC, FRAP, and DPPH), and to explore their potential relationship with hypertension-related biomarkers such as F2-isoprostanes, ADMA, and SDMA.

Methods and Materials: Formulations included F0 (lemon juice control, 50 mL), F1 (lemon + 40 mL Calliandra honey), F2 (lemon + 40 mL Acacia honey), and F3 (lemon + 40 mL Kelulut honey). Antioxidant capacity was measured by CUPRAC (pH 7.0, 30 min at 25 ± 1 °C), FRAP (pH 3.6, 30 min at 37 °C), and DPPH (0.1 mM, 30 min at 25 ± 1 °C) assays using UV-Vis spectrophotometry. Each sample was analyzed in triplicate (n = 3). Results were expressed as ascorbic acid equivalents (AAE) and Trolox equivalents (TE).

Results: Significant differences were observed among formulations (p < 0.0001). The Acacia honey formulation (F2)

exhibited the highest antioxidant capacity across CUPRAC (3282.33 ± 1.64 µg/mL AAE; 5169.00 ± 100.22 µg/mL TE), FRAP (749.40 ± 4.06 µg/mL AAE; 288.83 ± 1.80 µg/mL TE), and DPPH (22.74 ± 1.04 µg/mL AAE; 27.71 ± 0.28 µg/mL TE) assays, which, according to Duncan's test, were significantly higher than F0, F1, and F3 (p < 0.05).

Conclusion: Lemon Acacia honey beverages demonstrated superior and broad-spectrum antioxidant capacity compared to other formulations, likely due to the presence of flavonoids such as hesperidin, quercetin, kaempferol, and apigenin. These findings support the potential role of Acacia honey in modulating oxidative stress biomarkers, warranting further in vivo and clinical investigations.

KEYWORDS

Citrus Lemon, Honey types, Antioxidant Capacity, CUPRAC, FRAP, DPPH assays.

INTRODUCTION

Lemon (*Citrus limon*) is one of the most widely cultivated citrus fruits in the world. It is commonly used in food, cooking, preservation, and beverages due to its distinctive flavor and beneficial properties. The growing demand for fresh lemons is largely driven by their rich content of natural phytochemicals, including citric acid, ascorbic acid, dietary fiber, essential oils, minerals, carotenoids, and flavonoids¹. Among its bioactive components, citric acid plays a crucial role in energy metabolism through the citric acid cycle and demonstrates antioxidant activity by neutralizing harmful free radicals².

Several studies have suggested a potential link between lemon consumption and blood pressure regulation. In a study

Correspondencia:

Ahmad Sulaeman
asulaeman@apps.ipb.ac.id

involving Turkish hypertensive patients, 40% reported consuming lemon juice as part of their alternative therapy³. Similarly, in healthy Japanese women, lemon intake was significantly associated with lower systolic blood pressure⁴. The underlying mechanism may involve the inhibition of NADPH oxidase, reduction of reactive oxygen species (ROS), and modulation of endothelial dysfunction markers such as asymmetric dimethylarginine (ADMA). These mechanisms are also linked to the reduction of lipid peroxidation products like F2-isoprostanes, which serve as oxidative stress biomarkers⁵.

To enhance both palatability and nutritional value, lemon is increasingly being formulated into functional beverages with natural sweeteners such as honey⁶. In addition to being a healthier sweetener, honey provides numerous bioactive compounds. It has been shown to improve nitric oxide (NO) bioavailability and vascular function, particularly through components like ferulic acid and flavonoids⁷. Honey exhibits various biological activities, including antioxidant, antihypertensive, anti-inflammatory, and antimicrobial effects. The composition of honey varies depending on floral origin, bee species, geography, and seasonality⁸.

In this study, three honey varieties Calliandra, Acacia, and Kelulut were selected based on their distinct botanical and entomological origins. Calliandra honey, produced by wild *Apis dorsata* bees from Calliandra flower nectar, is rich in flavonoids and has demonstrated antihypertensive effects⁷. Acacia honey comes from the nectar of acacia leaf axils by mellifera bees in the acacia forests of Dumai, Riau. Meanwhile, Kelulut honey, obtained from stingless bees (*Trigona* spp.), contains high levels of phenolic acids and has been shown to possess strong antioxidant and antimicrobial activity⁹.

The combination of lemon and various honey types offers a promising approach to reduce oxidative stress and hypertension. While honey has been shown to improve lipid profiles, inflammatory markers, and blood pressure¹⁰, comparative studies on the antioxidant performance of lemon-honey beverages and their relationship with oxidative stress biomarkers remain limited.

Antioxidant capacity can be assessed using several methods, including CUPRAC, FRAP, and DPPH assays. Each method offers different insights depending on the chemical nature of antioxidants involved. CUPRAC assesses electron-donating capacity at physiological pH, FRAP measures reducing power in acidic pH, and DPPH reflects hydrogen atom transfer¹¹. These complementary assays provide a comprehensive evaluation of antioxidant potential, especially when comparing samples with diverse bioactive content.

This study aimed to compare the antioxidant capacity of lemon-based beverages formulated with three different types of honey Calliandra, Kelulut, and Honeydew using CUPRAC, FRAP, and DPPH assays, and to explore their potential associ-

ation with oxidative stress biomarkers such as F2-isoprostanes, ADMA, and SDMA linked to hypertension.

MATERIALS AND METHODS

Preparation for Lemon and Honey Extract

This study used ripe *Citrus x limon* (L.) Osbeck lemons and three types of honey: Calliandra (*Apis mellifera*), Acacia Honey (*Apis mellifera*) and Kelulut (*Trigona* spp.). The lemon variety was selected for its genetic resilience, productivity, and suitability for product development. Fresh lemons (~15 kg per batch) were sourced from farmers in Ciampea, Bogor, while honey (totaling 3,660.6 mL) was obtained from local markets and beekeepers.

The production process began with washing the lemons, cutting them into approximately 5 × 5 cm pieces, and extracting the juice using a manual fruit press machine (Heavy Duty Manual Juice Extractor). This yielded around 11.25 L of fresh lemon juice, equivalent to 50 mL per serving. The juice was then mixed with one of the three honey varieties in equal proportions (40 mL or 57 g per serving). The final mixture was pasteurized at 90°C for 18 seconds.

The ratio of lemon juice to honey (50:40 mL; 1.25:1) was chosen within the general formulation range reported in functional beverage studies (1:1–1:3) to balance palatability and functional potential^{4,12}.

Table 1. The formulations of lemon and honey

Ingredients	Type of Honey		
	F1*	F2*	F3*
Lemon	50	50	50
Honey	40	40	40
Total	90	90	90

F1 = Calliandra, F2 = Acacia Honey, F3 = Kelulut.

Antioxidant Capacity measurement (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC), Ferric reducing antioxidant power (FRAP), and DPPH Free radical scavenging assay)

The antioxidant capacity of the lemon-honey beverage was evaluated using three established methods: Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC), Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), and DPPH free radical scavenging assay.

CUPRAC Assays

The antioxidant capacity using the CUPRAC method was determined by reacting the sample or standard solution with the

CUPRAC reagent (a mixture of 10^{-3} M CuCl_2 , 7.5×10^{-3} M neocuproine in ethanol, and 1 M ammonium acetate buffer, pH 7.0). The reaction mixture consisted of 1,000 μL of the test solution and 3,000 μL of the CUPRAC reagent. The mixture was incubated for 30 minutes at room temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) under light-protected conditions, and the absorbance was measured at 450 nm using a UV-Vis spectrophotometer.

FRAP Assays

The FRAP method was performed based on the reduction of Fe^{3+} to Fe^{2+} , forming an intense blue Fe^{2+} -TPTZ complex. The FRAP reagent consisted of 2,500 μL sodium acetate buffer solution (pH 3.6), 250 μL TPTZ solution (10 mM in ethanol), and 250 μL $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution (20 mM in 5 M HCl). A 10 μL sample was added to the reagent mixture and incubated at 37°C for 30 minutes under light-protected conditions. Absorbance was measured at 595 nm using a UV-Vis spectrophotometer. Vitamin C and Trolox were used as standards at concentrations ranging from 5–40 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Assay DPPH

Antioxidant capacity by the DPPH method was determined using a 0.1 mM DPPH solution in ethanol (pH ~ 7.0). The samples (F0–F3) were diluted in ethanol to a final concentration of 5% v/v. A total of 1,000 μL of the diluted sample was mixed with 2,000 μL of the DPPH solution, vortexed, and incubated at room temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) for 30 minutes under light-protected conditions. Absorbance was measured at 515 nm using a UV-Vis spectrophotometer. The absorbance values were converted into percent inhibition using the formula: $\text{Inhibition (\%)} = (A_0 - A_{\text{sample}})/A_0 \times 100$. Antioxidant capacity was subsequently calculated from the linear regression equation obtained from calibration curves of vitamin C (0–10 $\mu\text{g}/\text{mL}$) and Trolox (0–20 $\mu\text{g}/\text{mL}$), and expressed as mg ascorbic acid equivalent (AAE)/mL sample and mg Trolox equivalent (TE)/mL sample.

Experimental conditions and replication

All measurements (CUPRAC, FRAP, and DPPH) were performed in triplicate for each formulation. Analyses were conducted simultaneously in a single batch, since the purpose of this study was to compare antioxidant capacity among formulations rather than to validate inter-day variability. Experimental conditions were kept constant under controlled laboratory settings, including pH (according to each assay), temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ for CUPRAC and DPPH; 37°C for FRAP), reaction time (30 minutes), and protection from light during incubation.

Statistical analysis

All data are expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD). Prior to statistical testing, data were assessed for normality and homogeneity of variances. Statistical analysis was performed using one-way analysis of variance (ANOVA) in IBM SPSS Statistics. Post-hoc comparisons were conducted using Duncan's multiple range test to determine significant differences among the means. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS AND DISCUSSION

Antioxidant capacity of lemon honey beverage

The CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) assay evaluates the ability of antioxidant compounds to reduce Cu^{2+} to Cu^+ ions. In this system, the Cu^{2+} -neocuproine complex ($\text{Cu}(\text{Nc})_2^{2+}$) is reduced to a yellow-colored $\text{Cu}(\text{Nc})_2^+$ complex, measured at 450 nm. CUPRAC is sensitive to polyphenols, flavonoids, and vitamins typically found in lemon and honey. One advantage of CUPRAC compared to DPPH is its stability and lower susceptibility to interference from non-antioxidant compounds^{13,14}.

As shown in Table 2, the antioxidant capacity significantly differed among the four formulations (F0–F3), with $p < 0.0001$ across all assays.

Table 2. Summary of Antioxidant Capacity Parameters of Lemon-Honey Beverages

Parameter	F0	F1	F2	F3	Significance (p-value)
CUPRAC-AAE ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	1346.67 ± 11.59^a	1465.00 ± 23.43^b	3282.33 ± 1.64^d	3029.67 ± 35.02^c	<0.0001
CUPRAC-TE ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	2014.33 ± 22.37^a	2243.67 ± 45.39^b	5169.00 ± 100.22^d	4680.00 ± 67.55^c	<0.0001
FRAP-AAE ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	306.40 ± 2.89^b	291.10 ± 3.16^a	749.40 ± 4.06^d	409.40 ± 3.60^c	<0.0001
FRAP-TE ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	88.17 ± 1.29^b	81.20 ± 1.45^a	288.83 ± 1.80^d	134.80 ± 1.60^c	<0.0001
DPPH-AAE ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	10.21 ± 1.22^a	12.58 ± 1.06^b	22.74 ± 1.04^d	18.90 ± 0.26^c	<0.0001
DPPH-TE ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	6.53 ± 1.53^a	13.30 ± 0.54^b	27.71 ± 0.28^d	23.06 ± 8.66^c	<0.0001

Means in the same row with different superscript letters are significantly different (Duncan's test, $p < 0.05$).

The results of the CUPRAC assay showed that all honey-containing formulations (F1–F3) exhibited significantly higher antioxidant capacity than the control (F0). The F2 formulation (Acacia honey) yielded the highest capacity ($3282.33 \pm 1.64 \mu\text{g/mL AAE}$; $5169.00 \pm 100.22 \mu\text{g/mL TE}$), which, according to Duncan's test, was significantly different from F0, F1, and F3 ($p < 0.05$). This strong performance is likely due to the presence of active flavonoids and phenolic compounds in Acacia honey, such as quercetin and apigenin, which efficiently interact with the CUPRAC redox system¹⁴.

The FRAP assay showed a consistent trend, with F2 (Acacia honey) again demonstrating the strongest ferric reducing capacity ($749.40 \pm 4.06 \mu\text{g/mL AAE}$; $288.83 \pm 1.80 \mu\text{g/mL TE}$). According to Duncan's test, this was significantly higher than all other formulations ($p < 0.05$). The synergistic interaction between lemon vitamin C and Acacia flavonoids such as kaempferol and apigenin likely explains this enhancement¹⁵.

The DPPH assay also revealed that F2 (Acacia honey) exhibited the highest antioxidant capacity ($22.74 \pm 1.04 \mu\text{g/mL AAE}$; $27.71 \pm 0.28 \mu\text{g/mL TE}$), significantly higher than F0, F1, and F3 ($p < 0.05$, Duncan's test). This indicates that Acacia honey possesses superior hydrogen-donating ability, consistent with its high phenolic content, including hesperidin, quercetin, apigenin, and phenolic acids¹⁶. Unlike CUPRAC and FRAP, which rely on electron transfer, DPPH emphasizes hydrogen atom transfer¹⁷, suggesting that Acacia honey demonstrates broad antioxidant capacity across multiple mechanisms.

Overall, Duncan's test confirmed that all formulations were statistically different from one another across CUPRAC, FRAP, and DPPH assays. Acacia honey (F2) consistently ranked highest in antioxidant capacity, followed by Kelulut (F3) and Calliandra (F1), while lemon alone (F0) had the lowest capacity.

Differences in antioxidant capacity among test methods are influenced not only by the composition of bioactive compounds but also by environmental factors such as pH, temperature, and possible synergistic or antagonistic interactions¹⁸. The CUPRAC method operates at a neutral pH (~ 7), a relatively stable condition that mimics the physiological environment of the human body¹⁹, allowing compounds such as flavonoids and vitamin C to remain active. In contrast, the acidic environment of the FRAP assay (pH 3.6) can promote metal ion release but may destabilize sensitive compounds. The strong performance of F2 in both assays suggests that its antioxidants (e.g., hesperidin, quercetin, kaempferol, apigenin) are stable and active across different conditions²⁰.

Potential Link between Antioxidant Capacity and the Reduction of Blood Pressure and Oxidative Biomarkers

Oxidative stress and endothelial dysfunction mechanisms in the development of hypertension, primarily driven by excess reactive oxygen species (ROS) from sources such as NADPH

oxidase and mitochondria. These ROS reduce nitric oxide (NO) bioavailability, impair endothelial function, and promote eNOS uncoupling, which further produces ROS instead of NO—creating a cycle of vascular damage and inflammation²¹. Endothelial dysfunction is also a well-known predictor of cardiovascular events.

Key biomarkers such as asymmetric dimethylarginine (ADMA) and symmetric dimethylarginine (SDMA) are used to assess endothelial dysfunction and oxidative stress. ADMA directly inhibits eNOS, while SDMA interferes with arginine transport, both reducing NO availability. F2-isoprostanes also serve as stable indicators of lipid peroxidation and oxidative stress²².

Natural products like Calliandra and Acacia honey are rich in phenolic compounds and flavonoids with strong antioxidant potential. Supplementation with Calliandra honey has been shown to enhance antioxidant enzyme activity (SOD, CAT, GPx) and lower malondialdehyde (MDA) levels in hypertensive rats while stingless bee honey has demonstrated protective effects against oxidative DNA damage and iNOS expression²³.

Lemon also provides vitamin C and flavonoid glycosides such as hesperidin and eriocitrin, which exhibit antihypertensive properties. In a study using hypertensive rats, lemon flavonoids significantly reduced systolic blood pressure by inhibiting angiotensin-converting enzyme (ACE), with hesperidin showing greater efficacy than epigallocatechin gallate²⁴.

Thus, combining tropical honey and lemon may offer complementary effects by reducing oxidative stress and blood pressure through antioxidant enhancement, anti-inflammatory activity, and ACE pathway inhibition. This synergy may help modulate biomarkers like ADMA and F2-isoprostanes, although clinical validation remains necessary.

In this study, antioxidant capacity was evaluated using CUPRAC and FRAP rather than DPPH, due to their electron transfer mechanisms, which more accurately reflect physiological redox states²⁵. CUPRAC operates at neutral pH (~ 7), simulating plasma conditions, while FRAP measures metal ion reduction²⁶. In contrast, DPPH based on hydrogen atom transfer is sensitive to lipophilic antioxidants and less applicable to clinical oxidative biomarkers²⁷. Interestingly, the F2 formulation (lemon + Acacia honey) consistently showed the highest antioxidant capacity across CUPRAC, FRAP, and DPPH assays. This suggests that Acacia honey possesses broad-spectrum antioxidant potential, being effective in both electron transfer (CUPRAC and FRAP) and hydrogen atom transfer (DPPH) mechanisms.

Such robust in vitro activity strengthens the rationale for its potential biological relevance, particularly in protecting endothelial function and reducing oxidative stress. The synergistic interaction between lemon flavonoids (e.g., hesperidin,

eriocitrin) and Acacia honey polyphenols (e.g., quercetin, apigenin) may help modulate key biomarkers such as ADMA, SDMA, and F2-isoprostanes, thereby supporting future investigations into its role in blood pressure regulation and cardiovascular protection.

CONCLUSION

This study compared the antioxidant capacity of lemon-based beverages containing Calliandra, Acacia honey, and Kelulut honey using CUPRAC, FRAP, and DPPH assays, and explored their potential relationship with oxidative stress biomarkers linked to hypertension, such as F2-isoprostanes, ADMA, and SDMA.

Among the formulations, Acacia honey (F2) consistently exhibited the highest antioxidant capacity across CUPRAC, FRAP, and DPPH assays, indicating strong electron-donating and hydrogen-donating potential, likely due to stable flavonoids such as quercetin, kaempferol, and apigenin. The superior redox activity of F2 supports its potential role in reducing biomarkers like F2-isoprostanes and ADMA, both of which are closely associated with vascular oxidative stress and hypertension.

Thus, the Acacia honey formulation (F2) represents a promising candidate for functional beverage development aimed at mitigating oxidative stress and supporting blood pressure management, highlighting the need for further in vivo and clinical validation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by SEAFast IPB University and the Pharmacy Laboratory, Department of Pharmacy, Faculty of Medicine and Health Sciences, UIN Alauddin Makassar. This research was funded by the LPDP Scholarship under the Ministry of Finance of the Republic of Indonesia.

REFERENCES

1. Serna-Escorano V, Martínez-Romero D, Giménez MJ, Serrano M, García-Martínez S, Valero D, et al. Enhancing Antioxidant Systems by Preharvest Treatments with Methyl Jasmonate and Salicylic Acid Leads to Maintain Lemon Quality During Cold Storage. *Food Chem* [Internet]. 2021;338(2):128044. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128044>
2. Abdel-Salam OME, Youness ER, Mohammed NA, Morsy SMY, Omara EA, Sleem AA. Citric Acid Effects on Brain and Liver Oxidative Stress in Lipopolysaccharide-Treated Mice. *J Med Food* [Internet]. 2014;17(5):588–98. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jmf.2013.0065>
3. Adibelli Z, Dilek M, Akpolat T. Lemon Juice as an Alternative Therapy in Hypertension in Turkey. *Int J Cardiol* [Internet]. 2009;135(2):e58–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2008.03.085>
4. Kato Y, Domoto T, Hiramitsu M, Katagiri T, Sato K, Miyake Y, et al. Effect on Blood Pressure of Daily Lemon Ingestion and Walking. *J Nutr Metab* [Internet]. 2014;2014(2):1–6. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2014/912684>
5. González I, Maldonado-Agurto R. The Role of Cellular Senescence in Endothelial Dysfunction and Vascular Remodelling in Arteriovenous Fistula Maturation. *J Physiol* [Internet]. 2025;1–20. Available from: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/JP287387>
6. Sharma S, Vaidya D, Rana N. Honey as Natural Sweetener in Lemon Ready-to-Serve Drink. *Int J Bio-resource Stress Manag* [Internet]. 2016;7(2):320–5. Available from: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijbsm&volume=7&issue=2&article=022>
7. Ahmed S, Sulaiman SA, Baig AA, Ibrahim M, Liaqat S, Fatima S, et al. Honey as a Potential Natural Antioxidant Medicine: An Insight into Its Molecular Mechanisms of Action. *Oxid Med Cell Longev* [Internet]. 2018;2018(2):1–19. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5822819/>
8. Al-Kafaween MA, Alwahsh M, Mohd Hilmi AB, Abulebdah DH. Physicochemical Characteristics and Bioactive Compounds of Different Types of Honey and Their Biological and Therapeutic Properties: A Comprehensive Review [Internet]. Vol. 12, *Antibiotics*. 2023. 1–34 p. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9952753/pdf/antibiotics-12-00337.pdf>
9. Biluca FC, da Silva B, Caon T, Mohr ETB, Vieira GN, Gonzaga LV, et al. Investigation of Phenolic Compounds, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities in Stingless Bee Honey (Meliponinae). *Food Res Int* [Internet]. 2020;129(November 2019):108756. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108756>
10. Ab Wahab SZ, Nik Hussain NH, Zakaria R, Abdul Kadir A, Mohamed N, Tohit NM, et al. Long-term Effects of Honey on Cardiovascular Parameters and Anthropometric Measurements of Postmenopausal Women. *Complement Ther Med* [Internet]. 2018;41(April):154–60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.08.015>
11. Chua LS, Rahaman NLA, Adnan NA, Eddie Tan TT. Antioxidant Activity of Three Honey Samples in Relation with Their Biochemical Components. *J Anal Methods Chem* [Internet]. 2013;2013:1–8. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2013/313798>
12. Kim MJ, Hwang JH, Ko HJ, Na HB, Kim JH. Lemon Detox Diet Reduced Body Fat, Insulin Resistance, and Serum hs-CRP Level without Hematological Changes in Overweight Korean Women. *Nutr Res* [Internet]. 2015;35(5):409–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2015.04.001>
13. Özyürek M, Güçlü K, Tütem E, Bakan KS, Erçağ E, Esin Çelik S, et al. A Comprehensive Review of CUPRAC Methodology. *Anal Methods* [Internet]. 2011;3(11):2439–53. Available from: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/ay/c1ay05320e>
14. Olas B. Honey and its Phenolic Compounds as an Effective Natural Medicine for Cardiovascular Diseases in Humans? *Nutrients* [Internet]. 2020;12(2):1–14. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7070389/pdf/nutrients-12-00283.pdf>

15. Šarić G, Vahčić N, Kovačević DB, Putnik P. The Changes of Flavonoids in Honey During Storage. *Processes* [Internet]. 2020;8(8):1–11. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/8/943>
16. Hashim KN, Chin KY, Ahmad F. The Mechanism of Kelulut Honey in Reversing Metabolic Changes in Rats Fed with High-Carbohydrate High-Fat Diet. *Molecules* [Internet]. 2023;28(6):1–22. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/6/2790>
17. Rizaldy D, Insanu M, Sabila N, Haniffadli A, Zahra AA, Pratiwi SNE, et al. Lemon (*Citrus limon* L.): Antioxidative Activity and Its Marker Compound. *Biointerface Res Appl Chem* [Internet]. 2023;13(1):1–11. Available from: <https://www.academia.edu/download/99514017/BRIAC131.021.pdf>
18. Uduwana S, Abeynayake N, Wickramasinghe I. Synergistic, Antagonistic, and Additive Effects on The Resultant Antioxidant Activity in Infusions of Green Tea with Bee Honey and Citrus Limonum Extract as Additives. *J Agric Food Res* [Internet]. 2023;12(February):1–8. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/5/451#B15-antioxidants-09-00451>
19. Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Bektaşoğlu B, Bener M. Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity Assay for Food Antioxidants: Vitamins, Polyphenolics, and Flavonoids in Food Extracts [Internet]. Vol. 477, *Methods in Molecular Biology*. 2008. 163–193 p. Available from: https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-60327-517-0_14
20. Amran NH, Zaid SSM, Meng GY, Salleh A, Mokhtar MH. Protective Role of Kelulut Honey against Toxicity Effects of Polystyrene Microplastics on Morphology, Hormones, and Sex Steroid Receptor Expression in the Uterus of Rats. *Toxics* [Internet]. 2023;11(4):1–17. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10141738/pdf/toxics-11-00324.pdf#94>
21. Tejero J, Shiva S, Gladwin MT. Sources of Vascular Nitric Oxide and Reactive Oxygen Species and Their Regulation. *Physiol Rev* [Internet]. 2019;99(1):311–79. Available from: <https://journals.physiology.org/doi/epdf/10.1152/physrev.00036.2017>
22. Arlouskaya Y, Sawicka A, Glowala M, Giebułtowski J, Korytowska N, Tałała M, et al. Asymmetric Dimethylarginine (ADMA) and Symmetric Dimethylarginine (SDMA) Concentrations in Patients with Obesity and the Risk of Obstructive Sleep Apnea (OSA). *J Clin Med* [Internet]. 2019;8(6):1–15. Available from: <https://www.mdpi.com/484620>
23. Ooi TC, Yaacob M, Rajab NF, Shahar S, Sharif R. The Stingless Bee Honey Protects Against Hydrogen Peroxide-Induced Oxidative Damage and Lipopolysaccharide-Induced Inflammation in Vitro. *Saudi J Biol Sci* [Internet]. 2021;28(5):2987–94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.039>
24. Miyake Y, Kuzuya K, Ueno C, Katayama N, Hayakawa T, Tsuge H, et al. Suppressive Effect of Components in Lemon Juice on Blood Pressure in Spontaneously Hypertensive Rats. *Food Sci Technol Int Tokyo* [Internet]. 1998;4(1):29–32. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/fsti9596t9798/4/1/4_1_29/_article/-char/ja/
25. Sun S, Xia G, Pang H, Zhu J, Li L, Zang H. Phytochemical Analysis and Antioxidant Activities of Various Extracts from the Aerial Part of *Anemone baicalensis* Turcz.: In Vitro and In Vivo Studies. *Molecules* [Internet]. 2024;29(19):1–30. Available from: <https://www.mdpi.com/2975346>
26. Sadeer NB, Montesano D, Albrizio S, Zengin G, Mahomoodally MF. The Versatility of Antioxidant Assays in Food Science and Safety—Chemistry, Applications, Strengths, and Limitations. *Antioxidants* [Internet]. 2020;9(8):1–39. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3921/9/8/709>
27. Kedare SB, Singh RP. Genesis and Development of DPPH Method of Antioxidant Assay. *J Food Sci Technol* [Internet]. 2011;48(4):412–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23572765/>

Consumo de frutas y verduras asociado al perfil antropométrico y riesgo cardiovascular en adolescentes de una institución educativa privada

Consumption of fruits and vegetables associated with anthropometric profile and cardiovascular risk in adolescents from a private educational institution

Willebaldo CHALCO SOLIS, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Miguel Angel CASTRO MATTOS, Florentina Gabriela VIDAL HUAMÁN

Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Recibido: 23/junio/2025. Aceptado: 13/agosto/2025.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la asociación entre el consumo de frutas y verduras con el perfil antropométrico y el riesgo cardiovascular en adolescentes de una institución educativa privada.

Material y métodos: Estudio no experimental, cuantitativo, descriptivo y transversal, con una muestra de 159 adolescentes. Se evaluó la frecuencia de consumo de frutas y verduras y se midieron peso (kg), talla (m) y perímetro abdominal (cm). Para análisis estadísticos se usaron la prueba exacta de Fisher (asociación entre consumo y riesgo cardiovascular), Rho de Spearman (consumo y medidas antropométricas) y regresión lineal múltiple para predecir perímetro abdominal e índice de masa corporal (IMC) según ingesta de frutas y verduras. Nivel de significancia $p < 0,05$.

Resultados: El 81,1% de los adolescentes presentaron IMC normal y el 15,1% presentaron riesgo alto de enfermedades cardiovasculares y metabólicas. Existe asociación entre el riesgo cardiovascular y metabólico con la ingesta de durazno ($p = 0,04$), naranja ($p = 0,001$), mandarina ($p = 0,001$) y

manzana ($p = 0,001$). El consumo frecuente de frutas y hortalizas se asoció de forma significativa con una reducción del perímetro abdominal, destacó la naranja ($B = -1,489$ cm; $p < 0,001$), seguida de brócoli ($B = -1,785$ cm; $p = 0,020$), caigua ($B = -1,651$ cm; $p = 0,003$), cebolla ($B = -1,426$ cm; $p = 0,002$), espinaca ($B = -1,121$ cm; $p = 0,003$), tomate ($B = -0,892$ cm; $p = 0,017$) y manzana ($B = -0,854$ cm; $p = 0,025$). También se observó una reducción en el IMC con el consumo de naranja ($B = -0,848$ kg/m²; $p < 0,001$), cebolla ($B = -0,631$ kg/m²; $p = 0,003$), brócoli ($B = -0,774$ kg/m²; $p = 0,029$) y caigua ($B = -0,517$ kg/m²; $p = 0,049$).

Conclusión: La mayoría de los adolescentes presentó un diagnóstico nutricional normal según su IMC. Por cada unidad de incremento en el consumo de estos alimentos, se estimó una disminución en el perímetro abdominal de entre 0,85 y 1,78 cm y el IMC disminuye entre 0,51 y 0,85 kg/m².

PALABRAS CLAVE

Alimentación; Vegetales; Peso; Adolescentes (Fuente: DeCS BIREME).

ABSTRACT

Objective: To determine the association between fruit and vegetable consumption, anthropometric profile, and cardiovascular risk in adolescents attending a private educational institution. Material and methods: This was a non-experimen-

Correspondencia:
Yuliana Yessy Gomez Rutti
ygomez@une.edu.pe

tal, quantitative, descriptive, and cross-sectional study with a sample of 159 adolescents. Frequency of fruit and vegetable consumption was assessed, and weight (kg), height (m), and waist circumference (cm) were measured. Statistical analyses included Fisher's exact test (association between consumption and cardiovascular risk), Spearman's rho test (consumption and anthropometric measurements), and multiple linear regression to predict waist circumference and body mass index (BMI) based on fruit and vegetable intake. Significance level was set at $p < 0.05$.

Results: 81.1% of adolescents had a normal BMI, and 15.1% were at high risk for cardiovascular and metabolic diseases. There was an association between cardiovascular and metabolic risk and the intake of peaches ($p=0.04$), oranges ($p=0.001$), tangerines ($p=0.001$), and apples ($p=0.001$). Frequent consumption of fruits and vegetables was significantly associated with a reduction in abdominal perimeter, highlighting orange ($B = -1.489$ cm; $p < 0.001$), followed by broccoli ($B = -1.785$ cm; $p = 0.020$), caigua ($B = -1.651$ cm; $p = 0.003$), onion ($B = -1.426$ cm; $p = 0.002$), spinach ($B = -1.121$ cm; $p = 0.003$), tomato ($B = -0.892$ cm; $p = 0.017$) and apple ($B = -0.854$ cm; $p = 0.025$). A reduction in BMI was also observed with the consumption of oranges ($B = -0.848$ kg/m²; $p < 0.001$), onions ($B = -0.631$ kg/m²; $p = 0.003$), broccoli ($B = -0.774$ kg/m²; $p = 0.029$), and caigua ($B = -0.517$ kg/m²; $p = 0.049$).

Conclusion: The majority of adolescents had a normal nutritional diagnosis based on their BMI. For each unit increase in consumption of these foods, a decrease in waist circumference of between 0.85 and 1.78 cm was estimated, and BMI decreased between 0.51 and 0.85 kg/m².

KEYWORDS

Nutrition; Vegetables; Weight; Adolescents (Source: DeCS BIREME).

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS: Organización Mundial de la Salud.

CENAN: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

MINSA: Ministerio de Salud.

I.E.P: Institución Educativa Pública.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las frutas y verduras son un pilar fundamental para mantener una alimentación sana y equilibrada. Siendo este el caso, las personas que no suelen incorporar estos alimentos en su dieta diaria pueden ser más vulnerables al desarrollo de enfermedades no transmisibles debido a una mala alimentación¹. No obstante, la Organización mundial de la salud (OMS), mencionó que las enfermedades no transmi-

sibles son responsables de 15 millones de muertes al año en personas de 30 a 69 años. Sin embargo, estos daños pueden ser prevenibles, si se comprende los riesgos y se mantiene un cuidado adecuado desde la niñez y durante la adolescencia².

Ahora bien, las frutas y verduras contienen vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes; además de ser alimentos hipocalóricos en las raciones correctas. Son necesarios para el buen funcionamiento del organismo, por lo cual es clave en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles como en la prevención de la obesidad y para el adecuado funcionamiento del sistema inmunológico. Además, las frutas y las verduras contienen fitoesteroles para mantener la salud cardiovascular³.

Respecto a ello, la OMS aconseja consumir por lo menos 400 gramos de frutas y verduras al día, o equivalente a cinco porciones de 80 gramos cada porción. Así como también, recomiendan el consumo en su estado natural para conservar sus componentes activos; como los polifenoles con actividad antioxidante que favorecen la prevención de enfermedades no transmisibles y su alto contenido de fibra para la mejora de la microbiota intestinal⁴.

Sin embargo, en América Latina, sólo el 26% de los adolescentes reportaron consumir frutas y verduras regularmente⁵. No obstante, en Perú, entre los años 2013 y 2022, solo el 10.5% de la población cumplió con la ingesta de 5 porciones al día de frutas y/o verduras, como se indica en las recomendaciones nacionales⁶.

Por otro lado, en el año 2023 el 24,8% de los adolescentes peruanos entre 12 a 17 años aproximadamente presentaron sobrepeso u obesidad, además, 3 de cada 10 mujeres en etapa de adolescencia lo padece y el 70% de los adolescentes no cumple con las recomendaciones sobre la realización de actividad física⁷.

Asimismo, los adolescentes no suelen recibir la misma prioridad en la atención médica, puesto que, se da mayor importancia a otros periodos de vida y son ellos mismos, quienes se confían al no presentar algún síntoma, en los últimos años las enfermedades cardiovasculares se van presentando en etapas tempranas a la adultez⁸. Una nutrición saludable es fundamental para la prevención de factores de riesgo relacionados con la dieta, como el sobrepeso y la obesidad, y las enfermedades no transmisibles asociadas, por ello, es importante mantener hábitos saludables que incluyan actividad física regularmente y cumpliendo pautas adecuadas respecto a su alimentación⁴.

Existen pocos estudios realizados en adolescentes sobre las variables de esta investigación, por ello, el objetivo fue determinar la asociación entre el consumo de frutas y verduras con el perfil antropométrico y el riesgo cardiovascular en adolescentes de una institución educativa privada.

MÉTODOS

Se trata de un estudio cuantitativo, correlacional y transversal, fue desarrollado en una Institución Educativa Privada de Huancayo - Perú durante el periodo de enero a marzo del 2025.

Población y muestra

La población incluye a 228 adolescentes y el tamaño de muestra fue de 159 adolescentes del nivel secundaria y que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Al tratarse de una sola institución educativa privada de Huancayo, los hallazgos no pueden generalizarse a toda la población adolescente de instituciones privadas de la ciudad.

Los criterios de inclusión fueron los adolescentes que asistieron de manera regular a las clases, madres y adolescentes que aceptaron participar voluntariamente, adolescentes de primero a quinto grado de secundaria, que cuenten con el consentimiento de la madre o padre y asentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron adolescentes con problemas patológicos que afecten la deglución o reciban un tratamiento dietoterapéutico específico o que tengan condición de deportistas de alta competencia.

Variable e Instrumentos

Para el cuestionario de frecuencia de consumo de frutas y verduras, se consideró 23 frutas y 18 verduras según los grupos de alimentos considerados en la lista de intercambios peruanos del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN)⁹. La validación del instrumento fue realizada por 7 jueces nutricionistas, quienes evaluaron (claridad, coherencia, objetividad, pertinencia y relevancia). El promedio del coeficiente VAiken fue de 0,95, lo que indica una validez excelente. Posteriormente, se realizó una prueba piloto con 20 adolescentes para hallar la confiabilidad del instrumento siendo este 0,91 el alfa de Cronbach, considerando una confiabilidad excelente.

Para la variable perfil antropométrico se empleó la técnica de antropometría, registrándose el peso (kg), talla (m) y perímetro abdominal (cm) se utilizó un tallímetro portátil previamente calibrado con una altura de hasta 2 metros y una balanza Soehnle (66130), teniendo un rango de 0-200 kg, con precisión de 100 gramos, respecto al perímetro abdominal, se empleó la cinta ergonómica para medir la máxima circunferencia horizontal alrededor del torso, tomada por debajo del nivel de la cintura e incluyendo la extensión abdominal. Asimismo, las mediciones antropométricas lo realizaron nutricionistas considerando las indicaciones de la guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la persona adolescente del Ministerio de Salud del Perú¹⁰.

El índice de masa corporal para la edad se calculó dividiendo el peso corporal entre la estatura al cuadrado (kg/m^2). Este in-

dicador fue clasificado según los criterios de la OMS¹¹ en: delgadez severa (< -3 DE), delgadez (< -2 a -3 DE), normal (-2 a $+1$ DE), sobrepeso ($> +1$ a $+2$ DE) y obesidad ($> +2$ DE). Se utilizó la tabla de valoración nutricional antropométrica para adolescentes varones y mujeres establecidos emitido por el Ministerio de Salud del Perú¹⁰.

Para evaluar el riesgo cardiovascular y metabólicas se obtiene al comparar el perímetro abdominal de un adolescente, ya sea hombre o mujer, con los valores de referencia correspondientes a su edad establecidos por Fernández et al., se encuentra clasificado en bajo, alto y muy alto. En adolescentes, un perímetro abdominal que supera el percentil 75 puede indicar un alto riesgo, mientras que uno por encima del percentil 90 sugiere un riesgo muy elevado de desarrollar enfermedades cardiovasculares y metabólicas¹².

Recopilación de los datos

Participaron adolescentes del nivel secundario, a través del apoyo de sus docentes, se aplicó el cuestionario de frecuencia de consumo de frutas y verduras, el llenado fue de manera voluntaria y podían dejar de participar en cualquier momento.

Para minimizar el sesgo de información, las encuestas fueron autoadministradas por los participantes, quienes recibieron instrucciones claras y detalladas antes de su aplicación. Luego se realizaron las mediciones antropométricas para obtener la información del peso, talla y perímetro abdominal. Al final de la recolección de información se les agradeció a los participantes.

Se obtuvo el permiso y autorización del director de la Institución Educativa Privada para el desarrollo de la investigación, los adolescentes firmaron el asentimiento informado y los padres firmaron el consentimiento informado.

La investigación fue aprobada por el comité de ética de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle con Resolución N° 163-2025-D-FAN y aplicó las normas bioéticas establecidas por la Declaración de Helsinki¹³.

Análisis estadístico

Se utilizó el Software SPSS 27 para el desarrollo del análisis de datos. Se realizó un análisis descriptivo de los datos. Las variables de la investigación son de tipo ordinal y cuantitativo, se analizó la prueba de normalidad (kolmogorov Smirnov), los datos no tuvieron una distribución normal, por lo que se utilizó las pruebas no paramétricas.

Se utilizó la prueba exacta de Fisher para determinar la asociación entre la riesgo cardiovascular y metabólico (ordinal) con la frecuencia de consumo de frutas y verduras (ordinal), también se aplicó la prueba de Rho de Spearman para medir la asociación entre el perfil antropométrico (cuantitativo) y la frecuencia de consumo de frutas y verduras (ordinal). Finalmente se realizó un modelo de regresión lineal múltiple

para predecir el perímetro abdominal e IMC en función al consumo de frutas y vegetales. Se estableció como nivel de significancia $p < 0,05$.

RESULTADOS

Se realizó la toma de muestra de 159 adolescentes, la edad promedio de los adolescentes fue 15 años ($DE=1,34$) comprendidos entre las edades de 12 a 17 años.

En la tabla 1 se muestra que el 50,9% está conformado por mujeres mientras que los varones son un 49,1%. Asimismo, el 30,2% estuvo representado por los estudiantes del cuarto año de secundaria, seguido del primer año y el quinto año de secundaria presentó menor porcentaje (15,1%).

El peso promedio de los adolescentes fue 53,14 kg ($DE=11,72$), la talla fue 157 cm ($DE=0,72$), el IMC fue 21,42 kg/m² y el perímetro abdominal fue 73 cm ($DE=9,36$).

El 96,2% presenta talla normal y el 81,1% presentaron IMC normal. Asimismo, el 81,1% no presenta riesgo de enfermedades cardiovasculares mientras que el 15,1% presentan riesgo alto (Tabla 1).

En la tabla 2, se halló que todos los adolescentes refieren que nunca consumieron carambola, cocona, membrillo, pera y tumbo. Se evidenció poco consumo diario de frutas, las frutas más consumidas durante la semana fueron la naranja, mandarina, manzana seguido por la granadilla y plátano.

Además, todos los adolescentes nunca consumieron acelga, coliflor, nabo, rabanito. Además, las verduras más consumidas durante la semana fueron la lechuga, zanahoria, cebolla, pepinillo y tomate.

En la tabla 3, se halló una asociación inversa débil, es decir un bajo consumo de durazno ($Rho=-0,234$; $Rho=-0,285$), naranja ($Rho=-0,385$; $Rho=-0,401$), mandarina ($Rho=-0,310$; $Rho=-0,384$) y manzana ($Rho=-0,310$; $Rho=-0,384$) mayor es el incremento en el perímetro abdominal e IMC respectivamente ($p < 0,05$).

Asimismo, se evidenció una relación inversa débil entre el perímetro abdominal e IMC con el consumo de brócoli ($Rho=-0,227$; $Rho=-0,169$), caigua ($Rho=-0,235$; $Rho=-0,194$), cebolla ($Rho=-0,262$; $Rho=-0,203$), es decir un bajo consumo de brócoli, caigua, cebolla, tomate mayor es el incremento del perímetro abdominal y el IMC respectivamente. Además, un bajo consumo de berenjena, lechuga, pepinillo y tomate incrementa el IMC en los adolescentes. No se evidenció relación con el apio, col, espinaca, poro, vainita, zanahoria y zapallo ($p > 0,05$).

Existe una asociación entre el riesgo cardiovascular y metabólico con la frecuencia de consumo de durazno ($p=0,04$), naranja ($p=0,001$), mandarina ($p=0,001$), manzana ($p=0,001$), el brócoli ($p=0,014$), cebolla ($p=0,001$), pepinillo ($p=0,001$), zanahoria ($p=0,048$) y zapallo ($p=0,002$). No se evidenció

Tabla 1. Características de los adolescentes de educación básica regular en una institución educativa privada

Variables	N	%
Sexo		
Femenino	81	50,9
Masculino	78	49,1
Año académico		
Primer año	32	20,1
Segundo año	26	16,4
Tercer año	29	18,2
Cuarto año	48	30,2
Quinto año	24	15,1
IMC		
Delgadez	4	2,5
Normal	129	81,1
Sobrepeso	22	13,9
Obesidad	4	2,5
Riesgo de enfermedades cardiovascular y metabólicas		
Normal	129	81,1
Riesgo alto	24	15,1
Riesgo muy alto	6	3,8
Total	159	100,0

asociación con la berenjena, caigua, lechuga, tomate, apio, col, espinaca, poro, vainita ($p > 0,05$).

En la figura 1, se muestra una relación inversa débil entre el perímetro abdominal con el consumo de brócoli ($Rho=-0,227$; $Rho=-0,169$), es decir un bajo consumo de brócoli mayor es el incremento del perímetro abdominal.

Se realizó un modelo de regresión lineal múltiple para predecir el perímetro abdominal en función al consumo de frutas y verduras. El análisis mostró que el consumo frecuente de frutas y verduras se asoció significativamente con una reducción del perímetro abdominal. La asociación negativa más fuerte se observó con el consumo de naranja, con un coeficiente no estandarizado de $B = -1,489$ cm y un coeficiente estandarizado $Beta = -0,332$ ($p < 0,001$), lo que indica que por cada unidad adicional de consumo, el perímetro abdominal disminuye en

Tabla 2. Frecuencia de consumo de frutas y verduras en los adolescentes de una institución educativa privada

Frutas	Nunca	1 v/s	2 v/s	3 v/s	4 v/s	5 v/s	6 v/s	Diario
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Chirimoya	137 (86,2)	12 (7,5)	8 (5,0)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Durazno	102 (64,2)	27 (17,0)	16 (10,1)	12 (7,5)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Granadilla	82 (51,6)	16 (10,1)	36 (22,6)	18 (11,3)	3 (1,9)	4 (2,5)	0 (0)	0 (0)
Naranja	52 (32,7)	6 (3,8)	16 (10,1)	28 (17,6)	26 (16,4)	17 (10,7)	14 (8,8)	0 (0)
Mandarina	44 (27,7)	12 (7,5)	38 (23,9)	35 (22,0)	20 (12,6)	4 (2,5)	4 (2,5)	2 (1,3)
mango	124 (78,0)	12 (7,5)	21 (13,2)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Manzana	54 (34,0)	4 (2,5)	26 (16,4)	42 (26,4)	18 (11,3)	12 (7,5)	3 (1,9)	0 (0)
Melocotón	86 (54,1)	23 (14,5)	34 (21,4)	14 (8,8)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Papaya	56 (35,2)	26 (16,4)	48 (30,2)	17 (10,7)	10 (6,3)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)
Plátano	74 (46,5)	22 (13,8)	36 (22,6)	21 (13,2)	6 (3,8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Sandía	105 (66,0)	20 (12,6)	30 (18,9)	4 (2,5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Arándanos	145 (91,2)	14 (8,8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Ciruela	148 (93,1)	6 (3,8)	5 (3,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Fresa	108 (67,9)	16 (10,1)	23 (14,5)	12 (7,5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Piña	81 (50,9)	22 (13,8)	40 (25,2)	14 (8,8)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Uva	108 (67,9)	21 (13,2)	24 (15,1)	6 (3,8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Verduras	Nunca	1 v/s	2 v/s	3 v/s	4 v/s	5 v/s	6 v/s	Diario
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Berenjena	60 (37,7)	43 (27,0)	34 (21,4)	10 (6,3)	8 (5,0)	4 (2,5)	0 (0)	0 (0)
Brócoli	96 (60,4)	31 (19,5)	32 (20,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Caigua	86 (54,1)	30 (18,9)	25 (15,7)	16 (10,1)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Cebolla	42 (26,4)	40 (25,2)	31 (19,5)	32 (20,1)	10 (6,3)	4 (2,5)	0 (0)	0 (0)
Lechuga	28 (17,6)	36 (22,6)	40 (25,2)	16 (10,1)	16 (10,1)	16 (10,1)	5 (3,1)	2 (1,3)
Pepinillo	86 (54,1)	10 (6,3)	28 (17,6)	15 (9,4)	8 (5,0)	12 (7,5)	0 (0)	0 (0)
Tomate	58 (36,5)	32 (20,1)	21 (13,2)	16 (10,1)	22 (13,8)	10 (6,3)	0 (0)	0 (0)
Apio	72 (45,3)	26 (16,4)	32 (20,1)	20 (12,6)	7 (4,4)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)
Col	119 (74,8)	6 (3,8)	12 (7,5)	12 (7,5)	8 (5,0)	2 (1,3)	0 (0)	0 (0)
Espinaca	68 (42,8)	24 (15,1)	21 (13,2)	20 (12,6)	12 (7,5)	14 (8,8)	0 (0)	0 (0)
Poro	118 (74,2)	33 (20,8)	8 (5,0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Vainita	78 (49,1)	26 (16,4)	22 (13,8)	16 (10,1)	11 (6,9)	6 (3,8)	0 (0)	0 (0)
Zanahoria	54 (34,0)	20 (12,6)	32 (20,1)	23 (14,5)	12 (7,5)	12 (7,5)	6 (3,8)	0 (0)
Zapallo	54 (34,0)	30 (18,9)	46 (28,9)	20 (12,6)	9 (5,7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Tabla 3. Frecuencia de consumo de frutas y verduras asociado al perímetro abdominal, IMC y el riesgo a enfermedades cardiovasculares y metabólicas en los adolescentes de una institución educativa privada

Frutas	PAB	IMC	*Riesgo cardiovascular y metabólicas
	p (Rho)	p (Rho)	p-valor
Chirimoya	0,007 (-0,212)	0,696 (-0,031)	0,50
Durazno	0,003 (-0,234)	0,001 (-0,285)	0,04
Granadilla	0,001 (-0,281)	0,001 (-0,286)	0,055
Naranja	0,001 (-0,385)	0,001 (-0,401)	0,001
Mandarina	0,001 (-0,310)	0,001 (-0,384)	0,001
Mango	0,045 (-0,160)	0,002 (-0,245)	0,261
Manzana	0,001 (-0,257)	0,005 (-0,221)	0,001
Papaya	0,032 (-0,171)	0,017 (-0,188)	0,242
Plátano	0,014 (-0,194)	0,005 (-0,222)	0,071
Sandía	0,001 (-0,287)	0,001 (-0,302)	0,171
Verduras	PAB	IMC	*Riesgo cardiovascular y metabólicas
	p (Rho)	p (Rho)	p-valor
Berenjena	0,104 (0,129)	0,025 (-0,178)	0,563
Brócoli	0,004 (-0,227)	0,034 (-0,169)	0,014
Caigua	0,003 (-0,235)	0,014 (-0,194)	0,10
Cebolla	0,001 (-0,262)	0,010 (-0,203)	0,001
Lechuga	0,079 (0,140)	0,014 (-0,195)	0,081
Pepinillo	0,618 (0,040)	0,013 (-0,192)	0,001
Tomate	0,214 (0,86)	0,05 (-0,155)	0,547
Zanahoria	0,676 (-0,33)	0,161 (-0,112)	0,048
Zapallo	0,656 (0,36)	0,204 (0,101)	0,002

* Prueba exacta de Fisher, $p < 0,05$, v/s=veces por semana.

promedio 1,49 cm. También se identificaron asociaciones significativas con el consumo de cebolla ($B = -1,426$ cm; $Beta = -0,208$; $p = 0,002$), espinaca ($B = -1,121$ cm; $Beta = -0,203$; $p = 0,003$), caigua ($B = -1,651$ cm; $Beta = -0,193$; $p = 0,003$), brócoli ($B = -1,785$ cm; $Beta = -0,153$; $p = 0,020$), tomate ($B = -0,892$ cm; $Beta = -0,159$; $p = 0,017$) y manzana ($B = -0,854$ cm; $Beta = -0,160$; $p = 0,025$).

Estos hallazgos indican que el incremento en el consumo de estas frutas y hortalizas se asocia con una disminución del pe-

rímetro abdominal entre 0,85 y 1,78 cm, lo que sugiere un efecto beneficioso en la prevención de la acumulación de grasa abdominal y, por tanto, del riesgo cardiovascular en población adolescente. El R^2 del modelo fue 0,602.

Estos resultados sugieren que una mayor frecuencia en el consumo de frutas y hortalizas específicas se asocia con niveles más bajos de grasa abdominal. Esta relación inversa refuerza el papel de la alimentación saludable como un factor protector frente a la acumulación de grasa central, la cual se

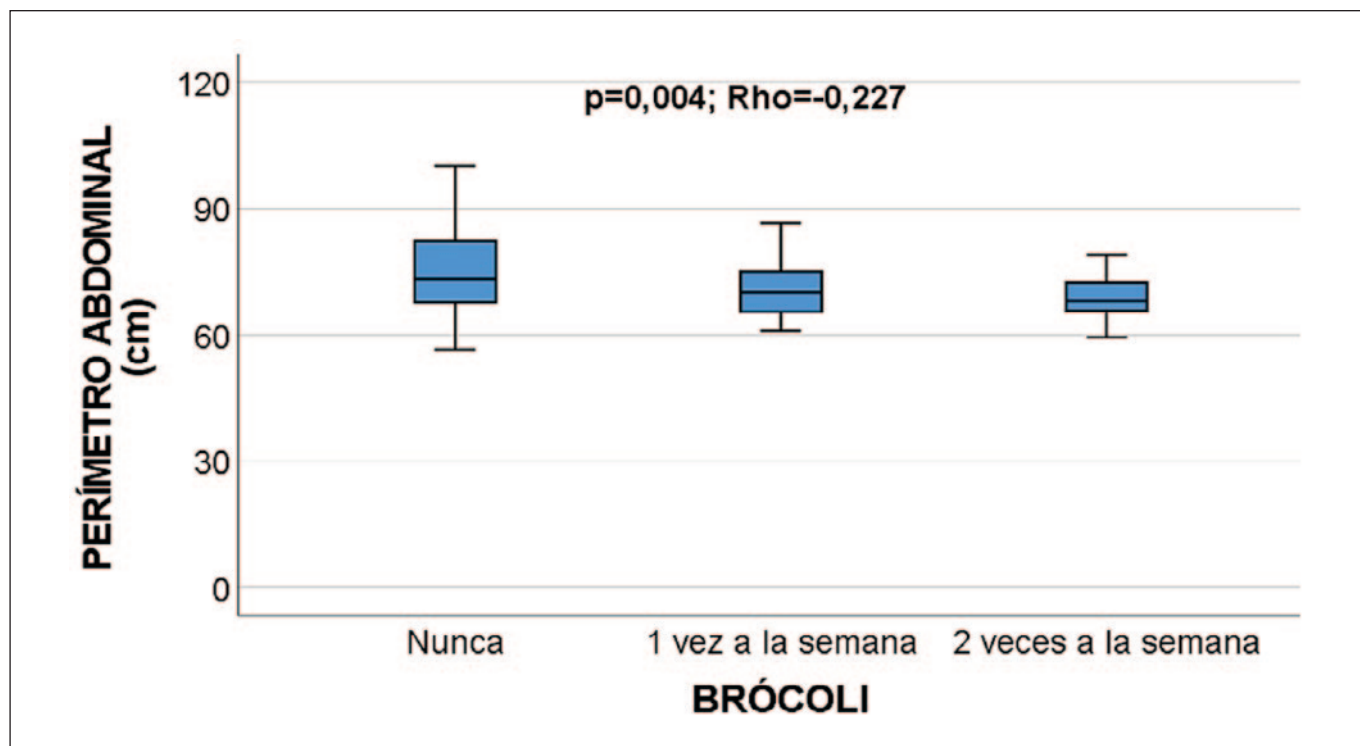


Figura 1. Consumo de brócoli asociado al perímetro abdominal en los adolescentes de una institución educativa privada

reconoce como un marcador temprano de riesgo cardiovascular y metabólico en esta etapa de la vida.

Por otro lado, se evidenció que un mayor consumo de determinadas frutas y hortalizas se asocia significativamente con un menor IMC. La relación más fuerte se observó en el consumo de naranja, con un coeficiente no estandarizado de $B = -0,848 \text{ kg/m}^2$ y un coeficiente estandarizado de $Beta = -0,425$ ($p < 0,001$), indicando una disminución relevante del IMC por cada unidad adicional de consumo. Asimismo, se identificaron asociaciones negativas significativas con el consumo de cebolla ($B = -0,631 \text{ kg/m}^2$; $Beta = -0,207$; $p = 0,003$), brócoli ($B = -0,774 \text{ kg/m}^2$; $Beta = -0,150$; $p = 0,029$) y caigua ($B = -0,517 \text{ kg/m}^2$; $Beta = -0,137$; $p = 0,049$).

Estos hallazgos sugieren que el consumo frecuente de estos alimentos puede contribuir a un mejor estado nutricional y representar un factor protector frente al sobrepeso y la obesidad en población adolescente. La magnitud del efecto indica que el IMC podría reducirse entre $0,51$ y $0,85 \text{ kg/m}^2$. El R^2 del modelo fue $0,68$.

DISCUSIÓN

La investigación obtuvo como resultado que, el $81,1\%$ de los adolescentes tuvieron un IMC normal; el $13,8\%$ sobrepeso; delgadez y obesidad $2,5\%$. Los resultados fueron similares al estudio de Said et al.¹⁴, donde el IMC normal fue de $82,1\%$; sobrepeso con $7,2\%$ y obesidad con un $2,6\%$, por

otro lado, el estudio de Di Renzo et al.¹⁵, hallaron un IMC normal solo del $63,5\%$; sobrepeso $7,1\%$ y obesidad $9,5\%$ y bajo peso 4% . Esto puede ser explicado por la práctica de actividad física de forma regular que es importante para mantener un IMC saludable, ellos son físicamente activos tienden a tener menor grasa corporal y un IMC adecuado en comparación con aquellos con estilos de vida más sedentarios¹⁶.

En cuanto al riesgo de enfermedades cardiovasculares el estudio evidenció que el $81,1\%$ se encontró en normalidad, el $15,1\%$ en riesgo alto y el $3,8\%$ en riesgo muy alto. Otro estudio evidenció resultados diferentes como la investigación realizada en Brasil que halló el $25,9\%$ de los adolescentes presentaban un riesgo cardiovascular muy alto y el $25,4\%$ sobrepeso¹⁷, asimismo, Álvarez et al.¹⁸, realizaron un estudio en adolescentes escolarizados en Ibagué, Colombia, reveló una alta prevalencia de factores de riesgo modificables fueron el sedentarismo (97%), riesgo de alcoholismo (59%) y alimentación no saludable (53%), de igual manera el estudio de Wang et al.¹⁹, reportó los factores de riesgo la dieta de baja calidad ($26,69\%$), actividad física inadecuada ($70,81\%$), obesidad ($16,21\%$), dislipidemia ($1,87\%$), diabetes ($1,17\%$) y presión arterial elevada ($11,87\%$).

Referente al consumo de frutas, la mayoría de los adolescentes presentaron muy poco consumo diario de frutas, sin embargo, las más consumidas durante la semana fueron la naranja, mandarina, manzana seguido por la granadilla y plá-

tano. Se evidenció que, un bajo consumo de frutas, existe mayor incremento en el perímetro abdominal e IMC en los adolescentes ($p < 0,05$). Al respecto un estudio en Chile encontró una prevalencia de consumo insuficiente de frutas y verduras en el 90.3% de los adolescentes, ese bajo consumo se asoció con una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad²⁰. Asimismo, la investigación de Shamah et al.²¹, encontraron que un bajo consumo de frutas se correlaciona con un mayor riesgo de sobrepeso y obesidad y aumento en el perímetro abdominal, los adolescentes que consumían menos de tres porciones de frutas al día tenían mayor prevalencia de estas condiciones. En el estudio se evidenció IMC y perímetro abdominal normal esto puede ser explicado por la actividad física que desarrollan los adolescentes más no por un consumo adecuado de frutas.

Por otro lado, los hallazgos de este estudio muestran que el consumo frecuente de frutas y hortalizas se asocia significativamente con parámetros antropométricos más saludables en adolescentes. En particular, se evidenció una reducción del perímetro abdominal en aquellos con mayor consumo de ciertos alimentos, destacando la naranja ($B = -1,489$ cm; $p < 0,001$), seguida de brócoli ($B = -1,785$ cm; $p = 0,020$), caigua ($B = -1,651$ cm; $p = 0,003$), cebolla ($B = -1,426$ cm; $p = 0,002$), espinaca ($B = -1,121$ cm; $p = 0,003$), tomate ($B = -0,892$ cm; $p = 0,017$) y manzana ($B = -0,854$ cm; $p = 0,025$). Estos resultados sugieren que la inclusión regular de estos alimentos en la dieta podría contribuir a la prevención de la acumulación de grasa abdominal, un marcador clínico clave en la evaluación del riesgo cardiovascular.

Asimismo, se observó una reducción significativa en el índice de masa corporal (IMC) asociada al consumo de naranja ($B = -0,848$ kg/m²; $p < 0,001$), cebolla ($B = -0,631$ kg/m²; $p = 0,003$), brócoli ($B = -0,774$ kg/m²; $p = 0,029$) y caigua ($B = -0,517$ kg/m²; $p = 0,049$). Esta asociación refuerza el rol protector de las frutas y hortalizas frente al sobrepeso y la obesidad en población adolescente, respaldando las recomendaciones internacionales que promueven su consumo diario como parte de una alimentación saludable.

Estos hallazgos pueden ser explicados por el consumo regular de frutas y verduras se ha asociado consistentemente con una menor circunferencia abdominal y un menor índice de masa corporal, debido a su contenido en fibra y compuestos bioactivos que favorecen el metabolismo lipídico y la sensibilidad a la insulina²².

Las dietas con alto consumo de frutas y verduras se asocian consistentemente con un menor riesgo de obesidad y una composición corporal más saludable en adolescentes, esto se debe a su contenido de fibra, que promueve la saciedad, evita la disbiosis y reduce la densidad energética de la dieta²³.

Así mismo se halló asociación indirecta entre el riesgo cardiovascular y metabólico con la ingesta de durazno, naranja,

mandarina, manzana y melocotón ($p < 0,05$), un mayor consumo de frutas se asocia con una disminución del riesgo cardiovascular y metabólico debido a su contenido de vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes^{24,25}, si son consumidas en forma de jugos con azúcares añadidos o en cantidades excesivas que, junto con otros hábitos alimentarios poco saludables, contribuyen al riesgo. El consumo de jugos de frutas procesados se ha asociado con un mayor riesgo de dislipidemia y aumento de peso en adolescentes²⁶.

La salud cardiovascular puede verse condicionada desde edades tempranas, agravándose si es que existen factores de riesgo como el exceso de tejido adiposo²⁷. Asimismo, el estudio de Tobón et al.²⁸, evidenció que el 37,9% de los que consumían fruta 1 vez al día tenían bajo riesgo de enfermedades cardiovasculares, mientras que quienes consumían de 2 a más frutas al día se encontraban con un alto riesgo con un 32,6%, este resultado podría ser explicado por un alto consumo de alimentos ultraprocesados, alto en grasa saturada, azúcares añadidos y poca actividad física.

El estudio evidenció que la mayoría de las verduras fueron consumidas de 1 a 3 veces por semana, hubo muy poco consumo diario de las verduras, sin embargo, las más consumidas durante la semana fueron la lechuga, zanahoria, cebolla, pepinillo y tomate. Se evidenció que a menor frecuencia de consumo de verduras existe mayor incremento en el perímetro abdominal e IMC en los adolescentes ($p < 0,05$). Así mismo se halló asociación entre el riesgo cardiovascular y metabólico con la ingesta de brócoli, caigua, cebolla, pepinillo y zapallo ($p < 0,05$).

Asimismo, el estudio de Said et al.²⁹, se encontró semejanza con nuestro estudio debido a que el 82,1% de los adolescentes se encontraban en normalidad referente al riesgo cardiovascular y presentaban un bajo consumo de verduras, no llegaban a la cantidad recomendada, porque en esta etapa de vida, no se suelen priorizar el consumo de vegetales y se les da mayor importancia a los carbohidratos. Tobón et al.²⁸, manifestaron que quienes consumieron menos de una verdura al día presentaron un 25,3% de riesgo medio y 35,3% alto. Al respecto Fayet et al.³⁰, mencionaron que se puede aumentar el consumo de verduras considerablemente si se añaden durante el almuerzo, en su estudio el 83% de los participantes consumían verduras, pero no llegaban alcanzar la cantidad recomendada. Por su parte Perng³¹ mencionó que mantener una dieta rica en verduras puede prevenir el desarrollo de acumulación de grasa hepática.

Las estrategias de salud pública deben enfocarse en promover la alimentación saludable, programas educativos y la creación de entornos que faciliten su consumo de frutas y verduras. Urge invertir en la promoción de frutas y verduras para mejorar la calidad de vida y en un futuro más saludable.

Respecto a las limitaciones, no se realizó un recordatorio de 24 horas para cuantificar la cantidad del consumo de frutas y

verduras, no se determinó la actividad física y los resultados no pueden extrapolarse a otros contextos.

CONCLUSIÓN

La mayoría de los adolescentes presentó un diagnóstico nutricional normal según su IMC. Por cada unidad de incremento en el consumo de estos alimentos, se estimó una disminución en el perímetro abdominal de entre 0,85 y 1,78 cm y el IMC disminuye entre 0,51 y 0,85 kg/m². Es necesario fomentar en los hogares el consumo de frutas y verduras en las diferentes preparaciones culinarias, y además las instituciones educativas deben brindar sesiones educativas orientadas a concientizar sobre la importancia del consumo diario de frutas y verduras variadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la institución educativa privada por brindar las facilidades para el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

1. Aune D, Giovannucci E, Boffetta P, Fadnes L, Keum N, Norat T, et al. Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International journal of epidemiology*. 2017; 46(3): p. 1029-1056. doi: 10.1093/ije/dyw319.
2. Organización Panamericana de la Salud. Mejores intervenciones para las ENT. 2024. <https://www.paho.org/sites/default/files/2024-12/brochure-ncd-best-buys-web-spa-compress.pdf>
3. Ministerio de salud. Guías alimentarias para la población peruana. 2019. https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1128/guias_alimentarias_poblacion_peruana.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
4. Afshin A, Sur PJ, Fay KA, Cornaby L, Ferrara G, Salama JS, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The lancet*. 2019; 393(10184): p. 1958-1972. doi: 10.1016/S0140-6736(21)01342-8.
5. Castagnino AM, Díaz KE, Marina JA, Fernández C, Díaz H, Bazán PL, et al. Estudio del consumo latinoamericano de frutas y hortalizas locales” Km 0”. *Horticultura Argentina*. 2022; 41(106): p. 66-102.
6. Instituto Nacional de estadística e informática INEI. Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2023. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5601760-peru-enfermedades-no-transmisibles-y-transmisibles-2023>
7. Organización Mundial de la Salud. Análisis del panorama del sobrepeso y la obesidad infantil y adolescente en Perú. 2023 <https://www.unicef.org/lac/media/42516/file/Resumen-Ejecutivo-Obesidad-en-Per%C3%BA.pdf>
8. Tong Z, Xie Y, Li K, Yuan R, Zhang L. The global burden and risk factors of cardiovascular diseases in adolescent and young adults, 1990–2019. *BMC Public Health*. 2024; 24(1): p. 1017. doi: 10.1186/s12889-024-18445-6.
9. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Guía de intercambio de alimentos. Perú. 2024. <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/73/CENAN-0006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. Ministerio de Salud. Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la persona adolescente. 2015. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/305911-guia-tecnica-para-la-valoracion-nutricional-antropometrica-de-la-persona-adolescente>
11. World Health Organization. Growth reference data for 5-19 years. Disponible en <http://www.who.int/growthref/en/>. 2007.
12. Fernández JR, Redden DT, Pietrobello A, Allison DB. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. *J Pediatr*. 2004 Oct;145(4):439-44. doi: 10.1016/j.jpeds.2004.06.044.
13. Manzini JL. Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioética*. 2000; 6(2):321-34.
14. Azizi-Soleiman F, Khoshhali M, Heidari-Beni QM, Kelishadi R. Association between Dietary Antioxidant Quality Score and Anthropometric Measurements in Children and Adolescents: The Weight Disorders Survey of the CASPIAN-IV Study. *Journal of Tropical Pediatrics*. 2021; 67(3): p. fmaa065. doi: 10.1093/tropej/fmaa065.
15. Di Renzo L, et al. Eating habits and lifestyle changes during COVID-19 lockdown: an Italian survey. *Journal of Translational Medicine*. 2020; 18(1): p. 1-15. doi: 10.1186/s12967-020-02399-5.
16. Cesa C C, Molino G O G, Lima J, Pereira RB, Eibel B, Barbiero S M, Schaan B D, et al. Actividad física y factores de riesgo cardiovascular en niños: una actualización del metanálisis. *Int J Cardiovasc Sci* 2021;35(3):304-15. doi:10.36660/ijcs.20210137
17. Moraes, EC, Marinho, LA, Santos, MS, et al. Cardiovascular risk and cardiovascular risk factors in adolescents. *Rev Bras Enferm*. 2022;75(2):e20200840. doi: 10.1590/0034-7167-2021-0278
18. Álvarez-Aguirre A, Arango-Lopera V, Rojas-Bernal JC, et al. Factores de riesgo cardiovascular modificables en adolescentes escolarizados de Ibagué, 2013. *Rev Salud Pública (Bogotá)*. 2017;19(2):266-276. doi: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a10
19. Wang T, Zheng R, Yuan P, et al. Prevalence of cardiovascular risk factors according to Life's Essential 8 in children and adolescents during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis including 1 526 173 participants from 42 countries. *Prog Cardiovasc Dis*. 2024 Jan-Feb;82:10-21. doi: 10.1111/ijpo.13190doi:
20. Silva R, Díaz C, Alarcón M, et al. Prevalencia de consumo insuficiente de frutas y verduras en adolescentes chilenos y su asociación con indicadores antropométricos. *Rev Chil Nutr*. 2018; 45(3):233-240. doi: 10.4067/S0717-75182018000300233
21. Shamah-Levy T, Gaona-Pineda EB, Cuevas-Nasu L, Valenzuela-Bravo DG, Morales-Ruan C, Rodríguez-Ramírez S, Méndez-Gómez-Humarán I, Ávila-Arcos MA, Álvarez-Sánchez C, Ávila-Curiel A, Díaz-trejo LI, Espinosa-Galindo AF, Fajardo-Niquete I,

- Perea-Martínez A, Véjar-Rentería LS, Villalpando-Carrión S. Sobrepeso y obesidad en población escolar y adolescente. *Salud Publica Mex.* 2024; 66(4):404-13. doi:10.21149/15842
22. Slavin JL, Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr* 2012;3:506-16. doi:10.3945/an.112.002154
 23. Fornari E, Brusati M, Maffei C. Estrategias nutricionales para la prevención de la obesidad infantil. *Life.* 2021; 11(6):532. <https://doi.org/10.3390/life11060532>
 24. Zhan J, Liu YJ, Cai LB, Xu FR, Xie T, He QQ. Fruit and vegetable consumption and risk of cardiovascular disease: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017 May 24;57(8):1650-1663. doi: 10.1080/10408398.2015.1008980.
 25. Miller V, Mente A, Dehghan M, et al. Fruit, vegetable, and legume intake, and cardiovascular disease and deaths in 18 countries (PURE): a prospective cohort study. *Lancet.* 2017;390(10107): 2037-2049. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32253-5.
 26. Malik VS, Hu FB. Sugar-Sweetened Beverages and Cardio-metabolic Health: An Update of the Evidence. *Nutrients.* 2019 Aug 8;11(8):1840. doi: 10.3390/nu11081840.
 27. Nabel E. Cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine.* 2003; 349(1): p. 60-72. doi: 10.1056/NEJMra035098
 28. Tobón L, Navarro C, Pinzón C. Frecuencia de consumo de alimentos en adolescentes escolarizados y su asociación con el riesgo cardiovascular. *Revista Médica de Chile.* 2023; 151(8): p. 1019-1027. doi: 10.4067/s0034-98872023000801019
 29. Said F, Khamis AG, Salmin AH, Msellem S, Mdachi K, Noor R, et al. Influence of diet quality on nutritional status of school-aged children and adolescents in Zanzibar, Tanzania. *Plos one.* 2023; 18(10): p. e0293316. doi: 10.1371/journal.pone.0293316
 30. Fayet-Moore F, McConnell A, Cassettari T, Tuck K, Petocz P, Kim J. Vegetable intake in Australian children and adolescents: the importance of consumption frequency, eating occasion and its association with dietary and sociodemographic factors. *Public health nutrition.* 2020; 23(3): p. 474-487. doi: 10.1017/S136898001900209X.
 31. Perng W, Harte R, Ringham B, Baylin A, Bellatorre A, Scherzinger A, et al. A Prudent dietary pattern is inversely associated with liver fat content among multi-ethnic youth. *Pediatric Obesity.* 2021; 16(6): e12758. doi: 10.1111/ijpo.12758.

Heterogeneidad de la desnutrición crónica en menores de cinco años de Ecuador. Un análisis de muestras complejas por región, etnia y altitud

Heterogeneity of chronic malnutrition in children under five years old in Ecuador. An analysis of complex samples by region, ethnicity, and altitude

Santiago Andrés FREIRE SALAZAR^{1,3}, Shirley Elizabeth IZURIETA ROMERO², Benjamín Andrés ROMÁN SANTOS², Adriana Monserrath MONGE MORENO²

1 Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano Guaranda, Ecuador.

2 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador.

3 Instituto Universitario Italiano de Rosario, Escuela de Posgrado, Rosario, Argentina.

Recibido: 3/julio/2025. Aceptado: 13/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: La desnutrición crónica infantil es un problema de salud pública en Ecuador, un país con una significativa población andina. Sin embargo, la aplicabilidad de los patrones de crecimiento de la OMS se cuestiona, ya que no están ajustados para poblaciones que viven por encima de los 1.500 metros sobre el nivel del mar.

Objetivo: Evaluar la distribución y los factores asociados a la desnutrición crónica en niños menores de 5 años en Ecuador, con énfasis a la altitud residencial.

Material y métodos: Estudio observacional, transversal y analítico, basado en datos de la Encuesta Nacional de Desnutrición Infantil (ENDI) 2023-2024. Se utilizó una muestra de 23.190 niños menores de 5 años. Los análisis estadísticos se ajustaron al diseño de muestras complejas. La variable principal fue desnutrición crónica. La altitud residencial fue la exposición principal. Se incluyeron covariables sociodemográficas y económicas. Se utilizaron modelos de regresión logística para identificar asociaciones.

Resultados: La prevalencia nacional de desnutrición crónica fue del 17,5%. Fue más frecuente en zonas rurales 21,2%, en la región Sierra 22% y en áreas de altitud muy alta (>3500 msnm), donde alcanzó el 59,4%. El análisis multivariado demostró que vivir en altitud baja se asoció con un 86% menos de riesgo de desnutrición crónica en comparación con la altitud muy alta (aOR=0,14; $p < 0,001$). Otros factores con un riesgo significativamente mayor incluyeron quintiles de ingresos bajos (2,15 veces más riesgo en el quintil más pobre), la pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (aOR= 1,39), el sexo femenino (1,30 veces más riesgo que los niños) y la residencial rural (aOR=1,20).

Conclusiones: La prevalencia de desnutrición crónica del 17,5% en niños menores de 5 años en Ecuador debe interpretarse con cautela, dado que un tercio de la población infantil reside sobre los 1500 msnm y los patrones de crecimiento de la OMS no están ajustados para esas altitudes, lo que podría sesgar las estimaciones. Se recomienda desarrollar patrones de crecimiento específicos para poblaciones en altura.

PALABRAS CLAVE

Malnutrición, infancia, altitud residencial, patrones de crecimiento.

Correspondencia:

Santiago Freire
santiago.freiremph@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Chronic childhood malnutrition is a public health problem in Ecuador, a country with a significant Andean population. However, the applicability of the WHO growth patterns is questionable, as they are not adjusted for populations living above 1,500 meters above sea level.

Objective: To evaluate the distribution and factors associated with chronic malnutrition in children under 5 years of age in Ecuador, with emphasis on residential altitude.

Material and methods: An observational, cross-sectional, and analytical study based on data from the 2023-2024 National Survey of Child Malnutrition (ENDI). A sample of 23,190 children under 5 years of age was used. Statistical analyses were adjusted for a complex sample design. The primary outcome measure was chronic malnutrition. Residential altitude was the primary exposure. Sociodemographic and economic covariates were included. Logistic regression models were used to identify associations.

Results: The national prevalence of chronic malnutrition was 17.5%. It was more prevalent in rural areas (21.2%), in the Sierra region (22%), and in very high-altitude areas (>3,500 meters above sea level), where it reached 59.4%. Multivariate analysis showed that living at low altitudes was associated with an 86% lower risk of chronic malnutrition compared to living at very high altitudes (aOR=0.14; $p<0.001$). Other factors with a significantly higher risk included low-income quintiles (2.15 times higher risk in the poorest quintile), poverty due to Unmet Basic Needs (aOR=1.39), female sex (1.30 times higher risk than boys), and rural residence (aOR=1.20).

Conclusions: The 17.5% prevalence of chronic malnutrition in children under 5 years of age in Ecuador should be interpreted with caution, given that one-third of the child population lives above 1,500 meters above sea level and the WHO growth patterns are not adjusted for these altitudes, which could bias the estimates. It is recommended that specific growth patterns be developed for high-altitude populations.

KEYWORDS

Malnutrition, childhood, residential altitude, growth patterns.

INTRODUCCIÓN

La desnutrición crónica infantil es considerada el principal problema de salud pública a nivel global. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la desnutrición crónica o retraso del crecimiento como una altura para la edad inferior a menos dos desviaciones estándar de la media de los patrones de crecimiento referenciales^{1,2}. Aunque la tendencia global de retraso del crecimiento infantil ha disminuido

entre 2000 y 2020, la realidad es que 144 millones de niños menores de cinco años en todo el mundo aún lo padecen^{1,3}.

Esta condición, más allá de la mera deficiencia nutricional, es el resultado de una compleja interacción de factores socioeconómicos, sanitarios, culturales, educativos y geográficos, el último poco estudiado; que comprometen el desarrollo físico e intelectual de los infantes. Las repercusiones son profundas y duraderas, manifestándose en una mayor vulnerabilidad a enfermedades, un bajo rendimiento escolar y una menor productividad en la vida adulta, perpetuando así, ciclos intergeneracionales de pobreza y desigualdad^{4,5}.

En Latinoamérica, y particularmente en regiones andinas, países como Ecuador, Perú y Bolivia enfrentan desafíos específicos debido a la combinación de altas altitudes, diversidad étnica y marcadas brechas socioeconómicas⁶. La literatura expresa firmemente que la pobreza, la falta de acceso a servicios básicos y la baja educación materna son factores de riesgo prevalentes en la desnutrición crónica infantil. Sin embargo, la forma en que estos factores interactúan con características geográficas (como: el área, la altitud de residencia) y socioeconómicas, a menudo requiere un análisis más detallado⁷.

La hipoxia crónica a grandes altitudes, producto de la disminución de la presión atmosférica (hipobaría), es un factor subestimado en el análisis del retraso en el crecimiento infantil⁷. A lo largo de la historia, desde las primeras exploraciones, se ha documentado la compleja adaptación del ser humano a las grandes altitudes, regiones consideradas como entornos multiestresantes debido a sus temperaturas extremas, baja humedad, intensa radiación solar y reducida disponibilidad de oxígeno, imponen importantes desafíos fisiológicos. Investigaciones pioneras en Perú ya evidenciaron como la altitud se asocia directamente con un retraso en el crecimiento lineal en niños^{7,8}.

A pesar de las adaptaciones desarrolladas por las poblaciones nativas que habitan en zonas de gran altitud, la interacción entre el estrés ambiental y factores socioeconómicos configura un escenario complejo; en ese contexto, la desnutrición crónica se presenta de manera desproporcionada en comunidades indígenas y rurales que residen en zonas de grandes alturas sobre el nivel del mar. Esta situación plantea un desafío importante para la aplicabilidad de los estándares universales propuestos por la OMS, los cuales se basan en la premisa de un potencial de crecimiento homogéneo en condiciones óptimas⁷⁻¹⁰.

Un aspecto crítico es que los estudios base para los estándares de la OMS excluyeron poblaciones que viven por encima de los 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm)⁹. Considerando que aproximadamente 500 millones de personas, lo que representa el 6,58% de la población mundial, residen en estas altitudes elevadas, la aplicación indiscriminada de dichos estándares, sin tomar en cuenta las parti-

cularidades geográficas, se convierte en un punto de debate sustancial¹¹. En ese contexto, Baye y Hirvonen realizaron un análisis de encuestas demográficas y de salud en 59 países de ingresos bajos y medios desde 1992 al 2018. Sus hallazgos revelaron que los niños nacidos en zonas situadas por encima de los 1500 msnm presentaban una estatura menor al nacer y seguían una trayectoria de crecimiento inferior en comparación con aquellos que vivían en altitudes más bajas. Este patrón se mantuvo incluso después de ajustar factores de riesgo comunes mediante regresiones lineales multivariantes, sugiriendo que los niños provenientes de hogares con condiciones de vida adecuadas y disponibilidad de recursos en alta altitud poseen un potencial de crecimiento inferior (1 a 4 cm) respecto a los que viven a menor altitud¹².

En este marco global, Ecuador se presenta como un caso particularmente relevante debido a su singular distribución poblacional por altitud. Aproximadamente el 60% de la población ecuatoriana reside en la región Sierra, una zona geográfica asentada en la cordillera de los Andes, lo que implica que la mayoría de sus habitantes se sitúa por encima de los 1500 msnm. En contraste, el 38% de la población se concentra por debajo de los 1500 msnm en la región Costa, y un porcentaje menor, el 2% reside en la Amazonía¹³.

Por tal motivo, el presente estudio tiene como objetivo analizar la heterogeneidad de la desnutrición crónica en menores de 5 años en el Ecuador. La investigación busca verificar si la altitud de residencia es un factor de riesgo para la desnutrición crónica en esta población, y de ser el caso, es vital determinar si los estándares prescriptivos de la OMS son válidos para la población ecuatoriana que vive a grandes alturas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Se realizó un estudio observacional, analítico de diseño transversal, utilizando datos secundarios.

Población de estudio y fuente de datos

El estudio se basó en el análisis de datos secundarios de la Encuesta Nacional de Desnutrición Infantil (ENDI) 2023-2024, ejecutada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador, diseñada para evaluar el estado nutricional de los menores de 5 años. Esta encuesta no solo se centró en la recopilación de indicadores de desnutrición, sino también abarcó factores socioeconómicos, culturales y la disponibilidad de acceso a los servicios de salud. La ENDI empleó un diseño muestral probabilístico y bietápico, lo que garantizó la representatividad de los datos recolectados¹⁴.

Para el presente análisis, se utilizó la base de datos "formulario 1 personas". La selección se centró en niños menores o iguales a 1826 días (equivalente a 5 años). Se incluyeron

únicamente registros con datos antropométricos completos y válidos. Se excluyeron los registros con información incompleta, inconsistente, biológicamente implausible o con datos faltantes en variables clave del estudio. Finalmente la muestra para el análisis incluyó un total de 23.190 niños y niñas menores de 5 años, quienes constituyen la población de estudio de esta investigación.

Variables de estudio

La variable de resultado fue la presencia de desnutrición crónica en menores de 5 años. Para calcularlo se recogieron datos de la longitud en niños menores de 2 años y la estatura para aquellos mayores de 2 años. Se definió retraso en el crecimiento cuando las puntuaciones Z de talla/edad o longitud/edad, se encontraban más de dos desviaciones por debajo del estándar OMS (-2 puntuaciones Z)^{15,16}. Las puntuaciones Z fueron calculadas con el paquete *anthro* del software R, siguiendo las directrices de la OMS.

Variable de exposición. La altitud residencial se midió a través de un sistema de posicionamiento GPS¹⁷, se categorizó a la altitud en 4 grupos enfocándonos en poder comparar ciertos valores con criterios OMS: altitud baja (<1499 msnm), altitud moderada (1500 a 2499 msnm), altitud alta (2500 a 3499 msnm) y altitud muy alta (>3500 msnm). Estos puntos de corte fueron seleccionados basándose en la evidencia existente de riesgo nutricional a diferentes altitudes y para facilitar la comparación con los criterios de la OMS, donde se excluyen a poblaciones por encima de los 1500 msnm.

Covariables. Son variables que poseen la capacidad de influir en la relación resultado – exposición, fueron seleccionadas en base a la teoría y a la disponibilidad de datos en la encuesta. Se incluyeron el sexo (hombre, mujer), grupos de edad en meses (0-5m, 6-11m, 12-23m, 24-35m, 36-47m, 48-59m), la etnia (indígena, afroecuatoriano, montubio, mestizo, blanca, otra), el área de residencia (urbana, rural), los quintiles por ingresos (del 1 al 5, donde el 1 representa el 20% más pobre y el 5 el 20% más rico); y la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI), que categoriza a un hogar en situación de pobreza si padece carencias graves en el acceso a educación, salud, nutrición, vivienda, servicios y oportunidades de empleo^{18,19}.

Procedimiento para la recolección información

La información para este estudio provino de una fuente secundaria: la base de datos anonimizada de la ENDI. El INEC fue el responsable de la recolección de los datos primarios, siguiendo un proceso en dos fases.

En la fase inicial, se seleccionaron las Unidades Primarias de Muestreo (UPM). Para ello, se identificaron viviendas con niños menores de 5 años mediante el uso de cartografía estadística y visitas domiciliarias. Posteriormente, se definieron estratos a partir de un análisis sociodemográfico y se calculó el factor de

expansión normalizado. La inclusión de los UPM, los estratos y el factor de expansión normalizado es esencial para declarar correctamente el diseño muestral, lo que a su vez permite realizar análisis estadísticos válidos e inferir en los resultados a toda la población. En la segunda fase, equipos capacitados de encuestadores y antropometristas aplicaron cuestionarios estructurados y realizaron mediciones antropométricas, así como pruebas de hemoglobina y recolección de muestras para análisis de agua^{14,16}.

Para asegurar la calidad de los datos, especialmente los antropométricos, la recopilación se realizó digitalmente, donde el sistema generaba alertas automáticas ante errores o inconsistencias tras cada entrada. Estos controles y protocolos están detallados en las fichas metodológicas para cada formulario de la ENDI, asegurando la fiabilidad de la información recopilada^{14,16}. Además se implementó un control de doble medición para peso, longitud o talla, con una tercera verificación si existía una diferencia preestablecida.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó con el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 25. Se construyó una base de datos secundaria a partir del archivo "Formulario 1 personas" de la ENDI 2023-2024, aplicando procesos de limpieza, estandarización y recategorización de los datos antropométricos y sociodemográficos relevantes.

Para asegurar la validez de los resultados y reflejar el diseño muestral de la ENDI, se creó un plan de muestras complejas en SPSS, con las variables UPM, estratos y factor de expansión. Es importante destacar que todos los análisis estadísticos presentados a continuación se ejecutaron considerando este diseño de muestras complejas.

Previamente, se llevó a cabo un análisis descriptivo para caracterizar a la muestra. Posteriormente, se realizó un análisis bivariado utilizando pruebas de Chi-cuadrado con el fin de encontrar asociaciones entre variables independientes y desnutrición crónica.

Finalmente, se procedió a un análisis multivariado empleando modelos de regresión logística binaria. Se incluyeron en el modelo final todas las variables que mostraron una asociación con significancia estadística ($p < 0,20$) en el análisis bivariado, además de aquellas consideradas de relevancia epidemiológica o teórica. El objetivo fue identificar asociaciones independientes entre la variable de exposición (altitud residencial) y la variable de resultado (desnutrición crónica), controlando posibles factores de confusión (covariables). No se evaluaron interacciones entre las variables independientes, enfocándose el análisis en los efectos principales.

Para asegurar la robustez de estos modelos, se verificó la ausencia de colinealidad significativa entre las covariables

mediante el factor de Inflación de la Varianza (VIF). Los valores de VIF en un modelo exploratorio fueron todos inferiores a 2, lo que confirma de la multicolinealidad no fue un problema en nuestro análisis.

Para evaluar la bondad de ajuste en el modelo, se examinaron los valores de Pseudo R cuadrado (Cox y Snell: 0,035; Nagelkerke: 0,058; McFadden: 0,039), los cuales sugieren que el modelo explica una pequeña proporción de la varianza de la variable dependiente. Adicionalmente, se revisó la tabla de clasificación, que mostró una precisión general del 82,6% en la población.

Aspectos éticos

La presente investigación se realizó utilizando datos secundarios de la Encuesta nacional de Desnutrición Infantil ENDI 2023-2024. La información es de carácter público y reposa en la página web oficial del INEC de Ecuador, se tomó todas las precauciones para asegurar la protección de los datos y cumplir con las normas éticas y legales vigentes en el contexto ecuatoriano.

RESULTADOS

La población de estudio estuvo conformada por 23.190 niños y niñas menores de 5 años (tabla 1). La distribución por sexo fue equilibrada, con un 50,8% de varones y un 49,2% de mujeres. En cuanto a la edad, se observó una distribución progresiva. El grupo de 48 a 59 meses representó la mayor proporción 21,8%, seguido por el grupo de 36 a 47 meses 20,7% y de 12 a 23 meses el 19,9%.

Un hallazgo relevante fue la prevalencia de la desnutrición crónica, estimada en un 17,5% (IC 95%: 16,6 – 18,4) de los menores de 5 años. Esta estimación se realizó utilizando los puntos de corte establecidos por la OMS, dado que el análisis se realizó bajo un diseño de muestras complejas, los resultados son representativos a nivel nacional y coinciden con los reportados por el Instituto nacional de Estadística y Censos (INEC).

Respecto a la altitud, la mayoría de los participantes residen en áreas de baja altitud 66,5%. Sin embargo, un 33,4% de la población infantil evaluada viven en zonas ubicadas por encima de los 1.500 metros sobre el nivel del mar.

En este contexto, es importante señalar que en la tabla 2 se presenta el desglose de la prevalencia de desnutrición crónica según niveles de altitud. No obstante, este análisis enfrenta una limitación metodológica importante, ya que los patrones de crecimiento de la OMS no contemplan ajustes para poblaciones que residen por encima de los 1500 msnm. Esta omisión podría introducir una sobreestimación de los casos en zonas de altitud elevada, afectando la precisión de las estimaciones en una buena parte del territorio ecuatoriano. Por lo tanto, es necesario desarrollar patrones de crecimiento

Tabla 1. Características sociodemográficas y nutricionales de niños menores de 5 años en Ecuador (ENDI 2023-2024)

Categoría	n muestral	Porcentaje Estimado (%)	IC 95% (%)
Sexo			
Hombre	11923	50,8	(49,6 - 51,9)
Mujer	11267	49,2	(48,1 - 50,4)
Total*	23190		
Grupo de edad en meses			
0-5 meses	1717	7,6	(7,1 - 8,1)
6-11 meses	2301	10,2	(9,6 - 10,8)
12-23 meses	4595	19,9	(19,1 - 20,8)
24-35 meses	4563	19,8	(19,0 - 20,7)
36-47 meses	4898	20,7	(19,8 - 21,6)
48-59 meses	5113	21,8	(20,9 - 22,8)
Desnutrición crónica			
Menores de 5 años	3993	17,5	(16,6 - 18,4)
Nivel de altitud msnm			
Bajo (<1499)	13556	66,5	(65,1 - 67,9)
Moderado (1500 a 2499)	2032	6,2	(5,6 - 7,0)
Alto (2500 a 3499)	7397	26,7	(25,4 - 28,1)
Muy alto (>3500)	205	0,5	(0,3 - 0,7)
Etnia			
Indígena	2808	8,3	(7,6 - 9,1)
Afroecuatoriana/o	924	5,3	(4,6 - 6,1)
Montubia/o	690	6,8	(6,0 - 7,9)
Mestiza/o	18465	77,9	(76,4 - 79,2)
Blanca/o u Otra/o	303	1,7	(1,4 - 2,1)
Área			
Urbano	14188	64,1	(62,6 - 65,7)
Rural	9002	35,9	(34,3 - 37,4)
Quintiles por ingresos			
Quintil 1	4444	20,0	(18,8 - 21,3)
Quintil 2	4111	19,9	(19,0 - 20,9)
Quintil 3	4126	19,8	(18,6 - 20,9)
Quintil 4	4545	19,8	(18,9 - 20,7)
Quintil 5	5808	20,5	(19,5 - 21,5)
Pobreza por NBI			
Pobreza por NBI	7873	40,1	(38,2 - 42,0)

* Total de niños menores de 5 años encuestados.

adaptados a contextos geográficos de altitud, que reflejen de manera más precisa las características antropométricas de estas poblaciones.

En términos étnicos, la población fue predominantemente mestiza/o 77,9%. Las poblaciones indígenas, afroecuatoriana/o y montubia/o representaron el 8,3%, 5,3% y el 6,8%, respectivamente. Con relación a la ubicación geográfica, el 64,1% de la muestra residía en zonas urbanas.

La distribución de la muestra según quintiles fue relativamente equitativa, lo que implica una adecuada representación de los distintos niveles socioeconómicos en el estudio, en cada quintil se concentró aproximadamente una quinta parte de la población infantil. Finalmente, el 40,1% de la población infantil se encontraba en situación de pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI).

Según los datos de la ENDI 2023-2024 (tabla 2), la desnutrición crónica presenta diferencias claras según el área de residencia, la región geográfica y la altitud, factores clave en un país con la diversidad territorial del Ecuador. La prevalencia es mayor en zonas rurales 21,2%, frente a las urbanas 15,4%, una brecha de 5,8 puntos que evidencia desigualdades estructurales en salud y acceso a servicios. Por regiones, la Sierra registra la tasa más alta de desnutrición 22%, seguida de la Amazonía con el 19,2%, mientras de la Costa tiene la más baja 14%.

En efecto, los datos muestran un aumento progresivo de la desnutrición crónica con la altitud: 14,4% en zonas bajas, 18,5% en altitud moderada, 24% en altitud alta, y un alarmante 59,4% en altitud muy alta. Sin embargo, la interpretación de estos resultados a altitudes elevadas requiere medida, dada la adaptación de los estándares de crecimiento de la OMS.

Los resultados del análisis de regresión logística de muestras complejas (Tabla 3) identificaron asociaciones significativas entre la desnutrición crónica en niños menores de 5 años y diversos factores sociodemográficos y geográficos. El nivel de altitud mostró una fuerte asociación inversa; vivir en zonas más bajas (baja, moderada, alta) se asoció con una menor probabilidad de desnutrición crónica (DC) en comparación con las áreas de muy alta altitud (aOR <1,0 para todas las categorías, $p < 0,001$). Tomando en cuenta como referencia zonas de muy alta altitud (>3500 msnm), se observó que la probabilidad de desnutrición crónica disminuye a medida que la altitud desciende. Niños que viven en baja altitud tienen 86% menos

Tabla 2. Prevalencia de desnutrición crónica por área, región geográfica y altitud en Ecuador (ENDI 2023-2024)

Categoría	* (n muestral)	Prevalencia (%)	Error estándar (%)	Coefficiente de variación	IC 95%
Área					
Urbano	1966	15,4	0,5	,036	[14,3 – 16,5]
Rural	2027	21,2	0,7	,035	[19,8 – 22,7]
Región Geográfica					
Sierra	2397	22,0	0,6	,027	[20,8 – 23,2]
Costa	889	14,0	0,7	,050	[12,7 – 15,4]
Amazonía	707	19,2	1,0	,054	[17,3 – 21,3]
Nivel de Altitud (msnm)					
Bajo (<1499)	1815	14,4	0,6	,040	[13,3 – 15,6]
Moderado (1500 a 2499)	370	18,5	1,2	,063	[16,4 – 20,9]
Alto (2500 a 3499)	1688	24,0	0,8	,032	[22,5 – 25,5]
Muy alto (>3500)	120	59,4	4,9	,082	[49,5 – 68,5]
Total*	3993	17,5	0,4	,025	[16,6 – 18,4]

* Niños menores de 5 años diagnosticados con desnutrición crónica.

Tabla 3. Factores asociados a la desnutrición crónica: análisis de regresión logística con muestras complejas (ENDI 2023-2024)

Variable	Categoría de Referencia	Categoría Comparada	(aOR)	IC 95% para el aOR	Valor p
Nivel de Altitud (msnm)	Muy Alta (>3500)	Baja (<1499)	0,14	[0,09 - 0,21]	< 0,001
		Moderada (1500 a 2499)	0,23	[0,14 - 0,35]	< 0,001
		Alta (2500 a 3499)	0,33	[0,21 - 0,51]	< 0,001
Quintiles de Ingresos	Quintil 5 (Más Rico)	Quintil 1 (Más Pobre)	2,15	[1,81 - 2,55]	< 0,001
		Quintil 2	2,05	[1,70 - 2,47]	< 0,001
		Quintil 3	1,78	[1,47 - 2,16]	< 0,001
		Quintil 4	1,52	[1,27 - 1,81]	< 0,001
Pobreza por NBI	No Pobreza por NBI	Pobreza por NBI	1,39	[1,21 - 1,60]	< 0,001
Sexo	Mujer	Hombre	0,77	[0,69 - 0,87]	< 0,001
Área de Residencia	Urbana	Rural	1,20	[1,05 - 1,36]	0,006

aOR: Odds Ratio Ajustado.

NBI: Pobreza por necesidades básicas insatisfechas.

probabilidades de padecer DC, aquellos en altitud moderada presentan un 77% menos de probabilidad y los niños residentes en alta altitud tienen un 67% menos de probabilidades de DC.

Los niños de las familias con quintiles más bajos (Quintil 1) presentaron una probabilidad significativamente mayor de desnutrición crónica en comparación con el quintil más rico (Quintil 5) ($>1,0$ para todas las categorías, $p < 0,001$). Específicamente, los niños del quintil más pobre tuvieron 2,15 veces más riesgo. Los niños que viven en hogares con pobreza por NBI presentan un 39% más de probabilidad de padecer desnutrición crónica (aOR= 1,39; IC 95%: 1,21-1,60; $p < 0,001$).

Finalmente, el sexo y el área de residencia fueron factores asociados. Los niños (hombres) tuvieron un 23% menos probabilidades de desnutrición crónica que las niñas (mujeres) (aOR= 0,77; IC 95%: 0,69-0,87; $p < 0,001$), indicando una mayor vulnerabilidad femenina. De igual manera, residir en zonas rurales incrementó un 20% la probabilidad de desnutrición crónica en comparación con las zonas urbanas (aOR= 1,20; IC 95%: 1,05-1,36; $p = 0,006$).

DISCUSIÓN

La vigilancia del estado nutricional infantil en Ecuador se ha desarrollado a través de ocho encuestas nacionales desde 1986, que han permitido monitorear la situación alimentaria y de salud en menores de 5 años. En el marco de la estrategia "Ecuador Crece sin Desnutrición Infantil" se presenta a la ENDI, el instrumento más reciente, actualizado y específico para evaluar la situación nutricional infantil y las disparidades estructurales que inciden en la desnutrición crónica^{20,21}.

La prevalencia nacional de desnutrición crónica (DC) en niños menores de 5 años según la ENDI 2023-2024, es del 17,5%, una cifra inferior reportada en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018²², lo que sugiere ciertos avances. Sin embargo, la tasa sigue generando un problema de salud pública prioritario, con fuertes disparidades asociadas a la zona de residencia, nivel de ingresos, etnicidad y región geográfica.

Se confirma una prevalencia significativamente mayor de desnutrición crónica en zonas rurales 21,2%, en comparación con las zonas urbanas 15,4%. Esta tendencia es coherente con lo reportado en otros estudios, como los realizados por Albuja y por Mrema et al., que destacan condiciones estructurales desfavorables que enfrentan los hogares rurales en relación con el acceso a servicios básicos, salud y disponibilidad de alimentos^{3,23}.

Por otro lado, la distribución de la DC según la región geográfica también evidencia diferencias marcadas. La región Sierra (22%) y la Amazonía (19,2%) presentan prevalencias

notablemente más altas que la Costa (14%). Ambas regiones concentran una alta proporción de población indígena y rural, históricamente expuesta a mayores niveles de pobreza, exclusión social y acceso limitado a servicios básicos^{20,24}. Además, se encontró que vivir en zonas rurales aumenta el riesgo de padecer DC en un 20%. Estas desigualdades territoriales reflejan que la desnutrición crónica está estrechamente vinculada a contextos de vulnerabilidad estructural. En concordancia con lo planteado por UNICEF, los autores coinciden en que las intervenciones deben ser territorializadas y culturalmente pertinentes, con especial énfasis en las comunidades indígenas y rurales, donde las brechas son más profundas².

Un estudio global que analizó 133 encuestas demográficas y de salud realizadas en 59 países de ingresos bajos y medios entre 1992 y 2018 encontró una relación positiva entre la altitud y el retraso en el crecimiento infantil, incluso tras ajustar por factores socioeconómicos mediante modelos multivariantes. De forma consistente, el análisis de regresión logística del presente estudio muestra que residir en zonas de menor altitud se asocia con una menor probabilidad de presentar desnutrición crónica, mientras que vivir por encima de los 3500 msnm implica un riesgo significativamente mayor, con una prevalencia observada del 59,4%. Esta asociación podría estar relacionada con los efectos de la hipoxia crónica en la altura, que afecta procesos fisiológicos como el crecimiento lineal, incluso en condiciones de ingesta calórica adecuada y sin evidencia de deficiencias nutricionales graves^{3,7,12,24-27}.

Los déficits de crecimiento mediados por la altitud son clínicamente significativos, tal como han estimado Baye, Hirvonen y Cossio-Bolaños et al.^{7,12}. Por ejemplo, en ciudades como Adís Abeba, Etiopía (2355 msnm), la reducción del puntaje Z de talla/edad atribuible a la altitud es de 0,4 desviaciones estándar (DE) y en la Paz, Bolivia (3650 msnm) puede reducirse 0,6 DE, considerando que aproximadamente el 6,58% de la población mundial vive por encima de los 1500 msnm, comprender el impacto específico de la altitud sobre el crecimiento infantil es crucial para establecer políticas nutricionales más precisas y equitativas^{12,28}.

No obstante, estos hallazgos deben interpretarse con cautela. Los estándares de crecimiento de la OMS excluyen a poblaciones que viven por encima de los 1500 msnm⁹, lo que podría sobreestimar la desnutrición crónica en los países andinos, donde una parte importante de la población infantil reside a gran altitud. Esto no minimiza la gravedad del problema en comunidades de altura, que a menudo son más empobrecidas y con menor acceso a los servicios de salud y nutrición. Más bien, subraya la necesidad de desarrollar patrones de crecimiento adaptados a contexto de altura, que manifiesten mejor las características fisiológicas de estas poblaciones^{9,12,29}.

Por otra parte, se evidenció una asociación significativa entre los niveles de pobreza (medida por quintiles de ingresos y pobreza NBI) y la desnutrición crónica. Los niños del quintil más pobre tuvieron 2,15 mayor riesgo y los hogares con pobreza por NBI presentaron un 39% más de probabilidad de presentar DC. Este hallazgo es consistente con el estudio de Albuja²³, que reporta que a mayor ingreso per cápita del hogar disminuye la probabilidad de padecer desnutrición crónica infantil. Sin embargo, un mayor nivel de ingresos no garantiza por sí solo una alimentación óptima de cantidad, calidad y variedad^{2,4}. La decisión del hogar sobre el destino de sus recursos influye directamente en la disponibilidad de alimentos, el conocimiento y la práctica de hábitos de consumo y alimentación adecuada³⁰.

Además, se merece especial atención que en los datos de la ENDI 2023-2024 se haya encontrado una mayor probabilidad de DC en niñas en comparación con los niños. Los niños varones tienen un 23% menos de probabilidad de presentar DC. Resultados que difieren con Albuja²³ y Phad et al.³¹, los cuales refieren que las niñas tienen una menor probabilidad de padecer desnutrición crónica que los niños, 3,1% y 9% respectivamente. Aunque a menudo se asume que la desnutrición afecta por igual a ambos sexos, esta diferencia es estadísticamente significativa y podría reflejar inequidades de género en la distribución de recursos y cuidados del hogar, especialmente en contextos rurales e indígenas con fuerte arraigo a normas patriarcales.

Diversos estudios en zonas rurales e indígenas de Kenia³², Pakistán³³ e India³⁴ demuestran que las niñas son consistentemente más vulnerables a la desnutrición crónica que los niños, se atribuye a prácticas intrafamiliares y normas de género que priorizan el bienestar de los varones. Frente a esto es imperativo implementar programas que promuevan la equidad de género en el hogar, incluyendo educación nutricional a padres y madres, y asegurar que las niñas tengan el mismo acceso a alimentos y atención médica que sus contrapartes masculinas³⁵.

CONCLUSIONES

La prevalencia de desnutrición crónica (DC) del 17,5% en niños menores de 5 años en Ecuador, reportada por el INEC y confirmada en este estudio, debe interpretarse con cautela. Esto se debe a que la altitud es un determinante clave en la DC, revelando una prevalencia del 59,4% en altitudes superiores a los 3500 msnm. Sin embargo, más del 33% de la población infantil evaluada reside por encima de los 1500 msnm, y los diagnósticos actuales se basan en patrones de crecimiento de la OMS que no están ajustados para estas alturas.

Esta limitación metodológica sugiere una posible sobrestimación de la desnutrición crónica en zonas elevadas. Por lo tanto, es necesario desarrollar y validar patrones de creci-

miento específicos para poblaciones andinas que permitan una evaluación precisa y efectiva del estado nutricional.

REFERENCIAS

1. UNICEF/OMS. Levels and trends in child mortality estimation [Internet]. Vol. 109, Archives of Disease in Childhood. 2020 [citado el 12 de junio de 2025]. p. 620–1. Disponible en: http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/levels_trends_child_mortality_2013/en/
2. UNICEF Ecuador. Desnutrición Crónica Infantil UNICEF [Internet]. Campañas e Historias. Desnutrición Crónica Infantil. 2021 [citado el 12 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrion-cronica-infantil>
3. Mrema JD, Elisaria E, Mwanri AW, Nyaruhucha CM. Prevalence and Determinants of Undernutrition among 6- To 59-Months-Old Children in Lowland and Highland Areas in Kilosa District, Tanzania: A Cross-Sectional Study. J Nutr Metab [Internet]. el 1 de enero de 2021 [citado el 11 de junio de 2025];2021(1): 6627557. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2021/6627557>
4. Chimborazo Bermeo MA, Aguaiza Pichazaca E. Factores asociados a la desnutrición crónica infantil en menores de 5 años en el Ecuador: Una revisión sistemática. LATAM Rev Latinoam Ciencias Soc y Humanidades [Internet]. el 19 de enero de 2023 [citado el 13 de junio de 2025];4(1):269–88. Disponible en: https://www.mendeley.com/catalogue/b87c28f7-3540-3208-abad-8566c655d69b/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B0ed213ee-5072-3fc7-aa94-c7698bacd83a%7D
5. VALBUENA CNS. EFECTO DE LA NUTRICIÓN EN LOS PRIMEROS MESES DE VIDA SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN LACTANTES HASTA LOS 18 MESES DE EDAD. Univ Granada [Internet]. el 30 de junio de 2021 [citado el 20 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/69656>
6. Tarupi W, Lepage Y, Hauspie R, Felix ML, Monnier C, Campbell J, et al. CROSS-SECTIONAL STUDY OF CHILD AND ADOLESCENT GROWTH IN ECUADOR. Rev Argentina Antropol Biol [Internet]. el 18 de junio de 2019 [citado el 16 de agosto de 2024];21(2):006–006. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/raab/article/view/5173>
7. Cossio-Bolaños MA, de Arruda M, Núñez Álvarez V, Lancho Alonso JL. Efectos de la altitud sobre el crecimiento físico en niños y adolescentes. Rev Andaluza Med del Deport [Internet]. 2011;4(2): 71–6. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-efectos-altitud-sobre-el-crecimiento-X1888754611213176>
8. Paredes Gonzalez KF, Zabala – Haro A. Características Morfofuncionales del Hombre de Altura. Cienc Lat Rev Científica Multidiscip [Internet]. el 12 de mayo de 2023 [citado el 13 de junio de 2025];7(1):14251–73. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5846/8854>
9. de Onis M, Garza C, Victora CG, Onyango AW, Frongillo E A, Martinez J. El Estudio Multi-centro de la OMS de las Referencias del Crecimiento: Planificación, diseño y metodología. Food Nutr Bull

- [Internet]. 2004;25(1):1–18. Disponible en: <https://cesni-biblioteca.org/wp-content/uploads/2020/05/EstudioMGRS.pdf>
10. Garza C. Justificación para la elaboración de una nueva referencia internacional del crecimiento. Publ en el Food Nutr Bull. 2004; 5(1):5–14.
 11. Tremblay JC, Ainslie PN. Global and country-level estimates of human population at high altitude. Proc Natl Acad Sci [Internet]. el 4 de mayo de 2021 [citado el 13 de junio de 2025];118(18): e2102463118. Disponible en: [/doi/pdf/10.1073/pnas.2102463118?download=true](https://doi.org/10.1073/pnas.2102463118?download=true)
 12. Baye K, Hirvonen K. Evaluation of Linear Growth at Higher Altitudes. JAMA Pediatr [Internet]. el 1 de octubre de 2020 [citado el 13 de junio de 2025];174(10):977–84. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/2769778>
 13. INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [Internet]. INEC. 2005 [citado el 13 de junio de 2025]. p. 1. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
 14. Núñez J, Gaibor A, Peña G, Muñoz J. Diseño Muestral de la Encuesta Nacional sobre Desnutrición Infantil-ENDI 2022-2023 [Internet]. 2023 [citado el 9 de junio de 2025]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/Disenio_muestral_ENDI_R1.pdf
 15. Mohammed SH, Habtewold TD, Abdi DD, Alizadeh S, Larijani B, Esmailzadeh A. The relationship between residential altitude and stunting: Evidence from >26 000 children living in highlands and lowlands of Ethiopia. Br J Nutr [Internet]. el 28 de abril de 2020 [citado el 11 de junio de 2025];123(8):934–41. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/relationship-between-residential-altitude-and-stunting-evidence-from-26-000-children-living-in-highlands-and-lowlands-of-ethiopia/30E16E2E50A7C4B41B606B489A4996A2>
 16. INEC. Documento Metodológico de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). Inec [Internet]. 2018;70. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/ENSANUT_2018/Metodologia/ENSANUT_2018.pdf
 17. INEC. Manual del Encuestador ENDI [Internet]. Vol. 6, Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2023 [citado el 14 de junio de 2025]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/Manual_del_encuestador_ENDI_R1.pdf
 18. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Pobreza por necesidades básicas insatisfechas [Internet]. Vol. 1, Naciones Unidas. 2015 [citado el 14 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/pobreza-por-necesidades-basicas-insatisfechas/>
 19. INEC. Guía de Uso de Base de Datos ENDI [Internet]. 2024 [citado el 6 de junio de 2025]. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec
 20. INEC. Principales resultados Contenido. Ecuador en cifras [Internet]. 2024;18,22,23. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/Presentacion_de_Resultados_ENDI_R1.pdf
 21. ENDI-INEC. Documento Metodológico de la Encuesta Nacional sobre Desnutrición Infantil 2023-2024 [Internet]. Ecuador en cifras. 2024. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/R2/Documento_metodologico-ENDI_R2.pdf
 22. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición [Internet]. Vol. 1, Ensanut. 2018. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/>
 23. Albuja Echeverría WS. Determinantes socioeconómicos de la desnutrición crónica en menores de cinco años: evidencia desde Ecuador. INTER Discip [Internet]. el 3 de septiembre de 2022 [citado el 13 de junio de 2025];10(28):591. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-57052022000300591&lng=es&nrm=iso&tlang=es
 24. Sánchez-Macedo L, Vidal-Espinoza R, Damián J, López F, Mamani LQ, Mamani Quispe N, et al. Comparison of physical growth of children and adolescents living at moderate and high altitude in Peru. Nutr clín diet hosp [Internet]. 2023;43(4):213–20. Disponible en: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/432/366>
 25. Li X, Li Y, Xing X, Liu Y, Zhou Z, Liu S, et al. Urban–rural disparities in the association between long-term exposure to high altitude and malnutrition among children under 5 years old: evidence from a cross-sectional study in Tibet. Public Health Nutr [Internet]. el 13 de abril de 2023 [citado el 11 de junio de 2025];26(4):844–53. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/product/identifer/S1368980022001999/type/journal_article
 26. Asas-Jinde M, González-Andrade F. Newborns physiological differences in low-and high-altitude settings of Ecuador. J Dev Orig Health Dis [Internet]. el 21 de agosto de 2022 [citado el 23 de junio de 2025];13(4):494–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34544515/>
 27. Santos-Martínez LE, Gómez-Tejada RA, Murillo-Jauregui CX, Hoyos-Paladines RA, Poyares-Jardim C V, Orozco-Levi M. Chronic exposure to altitude. Clinical characteristics and diagnosis. Arch Cardiol Mex [Internet]. el 1 de octubre de 2021 [citado el 17 de agosto de 2024];91(4):500–7. Disponible en: <https://pmc/articles/PMC8641469/>
 28. Nabwera HM, Fulford AJ, Moore SE, Prentice AM. Growth faltering in rural Gambian children after four decades of interventions: a retrospective cohort study. Lancet Glob Heal [Internet]. el 1 de febrero de 2017 [citado el 26 de junio de 2025];5(2):e208–16. Disponible en: <https://www.thelancet.com/action/showFullText?pii=S2214109X16303552>
 29. Montealegre Pomar A del P. Controversias en la elección de curvas de crecimiento para evaluar los recién nacidos colombianos. Pediatría (Santiago). 2021;54(2):71–7.
 30. Guanga Lara VE, Miranda Ramirez AN, Azogue Tanguila JP, Galarza Barragán RK. Desnutrición infantil en Ecuador, emergencia en los primeros 1000 días de vida, revisión bibliográfica. Medicinas UTA [Internet]. el 1 de julio de 2022 [citado el 20 de agosto de 2024];6(3):24. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/revista/index.php/medi/article/view/1703>

31. Phad SB, Siddiqui LA, Khan KA, Sinha R, Rahman MHU. Geographical altitude and stunting among children aged under 5 years in India. *BMJ Nutr Prev Heal* [Internet]. junio de 2024 [citado el 11 de junio de 2025];7(1):133–9. Disponible en: <https://nutrition.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjnp-2024-000895>
32. Ndiku M, Jaceldo-Siegl K, Singh P, Sabaté J. Gender inequality in food intake and nutritional status of children under 5 years old in rural Eastern Kenya. *Eur J Clin Nutr*. 2011;65(1):26–31.
33. Nuruddin R, Hadden WC. Are pre-school girls more likely to be under-nourished in rural Thatta, Pakistan?-a cross-sectional study. *Int J Equity Health* [Internet]. el 21 de diciembre de 2015 [citado el 26 de junio de 2025];14(1):1–9. Disponible en: <https://equityhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-015-0287-3>
34. Kshatriya GK, Acharya SK. Gender disparities in the prevalence of undernutrition and the higher risk among the young women of Indian tribes. *PLoS One* [Internet]. el 1 de julio de 2016 [citado el 26 de junio de 2025];11(7). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27379521/>
35. Aguayo VM, Branca F, Demaio S, Fanzo J, Haddad L, Menon P, et al. Estado mundial de la infancia 2019. Niños, alimentos y nutrición. [Internet]. Niños, alimentos y nutrición Crecer bien en un mundo en transformación. 2019. 255 p. Disponible en: <https://www.unicef.org/media/62486/file/Estado-mundial-de-la-infancia-2019.pdf>

Evaluación físico química y sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (*Mango manila*) en diferentes grados de madurez

Physical, chemical and sensory evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and fruit extract (*Manila mango*) at different stages of ripeness

Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ^{1,2}, Elio Ariel MONTOYA RAMOS¹, Leila Isabel CADENAS MORALES¹, Jhoan Alfredo PLUA MONTIEL^{3,4}, Christian Orlando CAMACHO LÓPEZ⁴, Fernando Javier COBOS MORA¹, Sanyí Lorena RODRÍGUEZ CEVALLOS⁵, Álvaro Martín PAZMIÑO PÉREZ¹

1 Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

2 Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, ICAI-CONICET.

3 Department of Food Science and Technology. University of Córdoba. International Campus of Excellence in the AgriFood Sector ceiA3. Córdoba. Spain.

4 Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Av. General Rumiñahui s/n Sangolquí, Ecuador, P.O.BOX: 171-5-231B.

5 Investigador Independiente.

Recibido: 11/julio/2025. Aceptado: 13/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: La fermentación del cacao es una etapa determinante para desarrollar compuestos precursores de aroma, sabor y características funcionales en el grano. La incorporación de microorganismos seleccionados y extractos frutales puede potenciar la calidad sensorial y el valor funcional del producto final.

Objetivos: Evaluar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de mango *Manila* sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cacao variedad CCN-51) en dos estados de madurez.

Material y Métodos: Se aplicó un diseño completamente al azar trifactorial con dos grados de madurez (sazona y madura), tres niveles de levadura (0%, 0,5% y 1%) y dos niveles

de extracto de mango (0% y 3%), totalizando doce tratamientos con dos repeticiones. Se evaluaron pH, sólidos solubles, temperatura, acidez titulable, alcalinidad de cenizas, humedad, prueba de corte, atributos sensoriales y capacidad antioxidante. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados: El tratamiento con cacao maduro, 1% de levadura y 3% de extracto presentó el mayor pH (5,00; $p = 0,0111$), reducción de °Brix del 72% (21,5 a 6,0; $p = 0,0385$) y mejores calificaciones sensoriales (sabor 8,2/9; textura 8,5/9; $p < 0,05$). En la prueba de corte, alcanzó 86% de granos bien fermentados, un 58% más que el control (54,6%; $p < 0,05$). La acidez titulable disminuyó un 66% (0,32% vs. 0,93%; $p < 0,0001$). La capacidad antioxidante, aunque 38% menor que el control, se mantuvo funcional (355,95 $\mu\text{mol Trolox/g}$; $p < 0,05$).

Discusión: La sinergia entre madurez fisiológica, levadura y extracto frutal favoreció la cinética fermentativa, mejoró la calidad física y sensorial, y conservó la funcionalidad bioactiva del grano, sin afectar su estabilidad poscosecha.

Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez
lvazquezc@utb.edu.ec

Conclusiones: La fermentación dirigida con levaduras y extractos frutales en frutos maduros constituye una estrategia biotecnológica efectiva para optimizar la calidad integral del cacao ecuatoriano y aumentar su competitividad en mercados de alto valor.

PALABRAS CLAVE

Fermentación controlada, atributos sensoriales, capacidad antioxidante, valor funcional, biotecnología alimentaria.

ABSTRACT

Introduction: Cocoa fermentation is a decisive stage for developing precursor compounds of aroma, flavor, and functional properties in the bean. The incorporation of selected microorganisms and fruit extracts can enhance sensory quality and functional value in the final product.

Objectives: To evaluate the effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Manila* mango extract on the physicochemical and sensory properties of cocoa variety CCN-51 at two stages of maturity.

Material and Methods: A completely randomized three-factor design was applied with two maturity stages (seasoned and ripe), three yeast levels (0%, 0.5%, and 1%), and two mango extract levels (0% and 3%), totaling twelve treatments with two replications. Variables assessed included pH, soluble solids, temperature, titratable acidity, ash alkalinity, moisture, cut test, sensory attributes, and antioxidant capacity. Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$).

Results: The combination of ripe cocoa, 1% yeast, and 3% extract achieved the highest pH (5.00), the greatest reduction in soluble solids (21.5 to 6.0°Brix), and the best sensory scores (8.2/9 for flavor and 8.5/9 for texture). It reached 86% well-fermented beans and significantly reduced physical defects. Titratable acidity was lowest (0.32%), and antioxidant capacity remained within functional levels (355.95 $\mu\text{mol Trolox/g}$).

Discussion: The synergy between physiological maturity, yeast, and fruit extract favored fermentation kinetics, improved physical and sensory quality, and preserved the bean's bioactive functionality without compromising post-harvest stability.

Conclusions: Directed fermentation with yeasts and fruit extracts in ripe cocoa is an effective biotechnological strategy to optimize the overall quality of Ecuadorian cocoa and strengthen its position in high-value markets.

KEYWORDS

Controlled fermentation, sensory attributes, antioxidant capacity, functional value, food biotechnology.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador constituye hoy el epicentro latinoamericano del cacao fino de aroma: en 2023 superó las 375 000 t de grano seco, cultivadas en unas 609 000 ha, y el 75 % de ese volumen está oficialmente reconocido como «fine-flavour» por el Panel de Cacao de la ICCO, condición que mantiene al país como primer proveedor mundial de este segmento de alto valor Vera 2014¹.

A pesar de estos logros comerciales, en ambas naciones persisten brechas relevantes en la adopción de buenas prácticas de cosecha y poscosecha: menos de la mitad de los productores encuestados fermentan y secan bajo protocolos estandarizados, lo que limita el potencial de calidad sensorial y la captura de precios diferenciados en el mercado internacional Vera 2022². Fortalecer los programas de capacitación técnica, promover la trazabilidad y expandir la asistencia crediticia resultan, por tanto, acciones prioritarias para escalar la competitividad de la cadena de valor en los dos países andinos y sostener su liderazgo en el abastecimiento global de cacao fino de aroma Vera 2024³.

A escala global, una proporción considerable de productores aún comercializa el cacao inmediatamente después de la poscosecha Vera 2025⁴, omitiendo la fase de fermentación. Esta práctica obedece, en gran medida, a la falta de asistencia técnica y a la escasa comprensión de la influencia que dicho proceso ejerce sobre la calidad del chocolate Vásquez 2024⁵.

El desarrollo de los precursores de sabor y aroma determinantes para un chocolate de alta exigencia sensorial depende de una fermentación correctamente conducida, complementada con un secado apropiado y con buenas prácticas agroindustriales Reyes 2025⁶. Cuando la fermentación se ejecuta de forma deficiente, la calidad sensorial del grano disminuye y aumenta la susceptibilidad a enfermedades, evidenciando la importancia crítica de esta etapa para obtener un cacao con atributos aromáticos y gustativos superiores Erazo 2023⁷, el objetivo general de la presente investigación Evaluar las propiedades físico química y sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (*Mango manila*) en diferentes grados de madurez.

MÉTODOS

Localización

El estudio se desarrolló en la Ciudad de Babahoyo, ubicada en la región litoral del Ecuador, tanto la recepción de las materias primas de las mazorcas de caca y las fases analíticas de laboratorio se efectuaron en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo, situada en el kilómetro 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, región litoral del Ecuador. Su localización geográfica corresponde a una latitud de -1.81667 y una longi-

tud de -79.53333 (01° 49' 00" S; 79° 32' 00" O), con una altitud promedio de 8 m s.n.m

Diseño Experimental

Previo al ANOVA, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro–Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se comprobó con la prueba de Levene, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Únicamente las variables que cumplieron ambos supuestos fueron analizadas con ANOVA. Las comparaciones múltiples de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$). El análisis estadístico se efectuó con el software Infostat, versión 2023.

La presente investigación se planteó bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo trifactorial. Para ello se combinaron dos estados fisiológicos de la mazorca de cacao sazónada, que corresponde a la fase previa al clímax de madurez, y madura, en la que el grano ha alcanzado su pleno desarrollo con tres niveles de inoculación de *Saccharomyces cerevisiae* (0 %, 0,5 % y 1 %, expresados como masa de levadura por cada 2 000 g de cacao fresco). La intersección de ambos factores generó doce tratamientos independientes, cada uno de los cuales se replicó dos veces, de modo que se trabajó con veinticuatro unidades experimentales en total. Las réplicas se distribuyeron aleatoriamente para mitigar cualquier efecto derivado de la posición o de variaciones ambientales no controladas.

Esquema de ANDEVA

Se visualiza en la Tabla 1 la estructura de Andeva de los tratamientos y factores de estudio, para la realización de este trabajo de investigación.

Instrumento de Investigación

Las mazorcas seleccionadas se despulparon manualmente y se pesaron exactamente dos kilogramos de almendras frescas por tratamiento. Cada lote se depositó en un saco de yute independiente, un contenedor que reproduce la microaeración de las prácticas tradicionales y, al mismo tiempo, facilita el seguimiento técnico de las variables de proceso Torres 2023⁸. La inoculación se efectuó antes de iniciar la fermentación: las dosis de levadura correspondieron a 10 g y 20 g para los niveles de 0,5 % y 1 %, respectivamente, mientras que el extracto de mango se aplicó a razón de 60 mL por lote, equivalente al 3 % de la masa fermentativa Intriago 2023⁹.

La fermentación se llevó a cabo durante cinco días, con volteos cada 24 h para homogeneizar oxígeno y temperatura. Las modificaciones térmicas fueron evidentes: los granos partieron de 23–27 °C y alcanzaron 45–47 °C al quinto día, sobre todo en los tratamientos con 1 % de levadura, reflejo de

Tabla 1. Estructura de Andeva

Fuente de ubicación (FV)		Grado de libertad
Tratamiento	$T - 1$	11
Factor total madures	$(em - 1)$	1
Factor levadura	$(Le - 1)$	2
Factor extracto	$(Ex - 1)$	1
In.em*Lev	$(em - 1)(Le - 1)$	2
In.em*Extra	$(em - 1)(Ex - 1)$	1
In.Lev*Extra	$(Le - 1)(Ex - 1)$	2
Int.em*em**Lev	$(em - 1)(Le - 1)(Ex - 1)$	2
Cacao experimental total	$(em * Le * Ex)(r - 1)$	12
Total	$em * Le * Ex * r - 1$	23

la intensidad metabólica microbiana Vera 2023¹⁰. A diario se registraron temperatura interna, pH y sólidos solubles (°Brix), variables esenciales para describir la cinética fermentativa y temperatura Subroto 2023¹¹.

Concluida la fermentación, las almendras se secaron al sol sobre bandejas de malla durante siete días, hasta reducir la humedad por debajo del 8 %; luego se almacenaron en bolsas de papel para preservar la calidad del grano Vásquez 2022¹². Las determinaciones finales incluyeron acidez titulable, cenizas, capacidad antioxidante, humedad residual y la clásica prueba de corte para clasificar granos bien fermentados, violetas o pizarras conforme a la Norma INEN 176/177 Alcívar 2025¹³. Los datos se sometieron a un ANOVA trifactorial; cuando la F resultó significativa se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para discriminar diferencias entre tratamientos, de acuerdo con la estructura de grados de libertad establecida. Este enfoque estadístico permitió vincular de manera robusta los efectos individuales y sinérgicos de la madurez, la levadura y el extracto de mango con los atributos fisicoquímicos, la calidad física del grano y su potencial sensorial.

Equipos y reactivos

Las mediciones y análisis se realizaron con equipos calibrados según las especificaciones del fabricante. El pH se determinó utilizando un potenciómetro digital Hanna Instruments, modelo HI98107 (Woonsocket, RI, EE.UU.), calibrado con soluciones tampón pH 4,00 y pH 7,00. La temperatura interna de la masa fermentativa se registró con un termómetro digi-

tal Testo, modelo 926 (Lenzkirch, Alemania), con sonda de penetración de acero inoxidable. El contenido de humedad se midió con balanza analítica Ohaus, modelo Pioneer PA224C (Parsippany, NJ, EE.UU.), con precisión de 0,0001 g.

Los sólidos solubles se evaluaron con un refractómetro digital Atago, modelo PAL-3 (Tokio, Japón), calibrado con agua destilada a 20 °C. La acidez titulable y la alcalinidad de cenizas se determinaron mediante titulación volumétrica utilizando soluciones estandarizadas de NaOH 0,1 N, preparadas con reactivos grado analítico (Merck, Darmstadt, Alemania). La capacidad antioxidante se cuantificó por el método ABTS, empleando un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Scientific, modelo Genesys 150 (Waltham, MA, EE.UU.).

El almacenamiento de las almendras secas se realizó en bolsas de papel kraft en ambiente controlado (25 ± 2 °C; HR $60 \pm 5\%$) para evitar reabsorción de humedad. El análisis estadístico se ejecutó con el software Infostat, versión 2023.

RESULTADOS

Variables físicos-químicas

pH

La evolución del pH, presentada en la figura 1, evidenció un incremento gradual a lo largo de los cinco días de fermentación, influenciado por la interacción entre el estado

de madurez del grano, la concentración de *Saccharomyces cerevisiae* y la adición de extracto de mango. Inicialmente, los valores se situaron entre 3,00 y 4,00, mientras que al finalizar el proceso se registraron niveles comprendidos entre 4,00 y 5,00. El análisis de varianza indicó que el extracto de mango al 3 % generó un efecto estadísticamente significativo sobre el pH en el cuarto día de fermentación ($p = 0,0111$), lo cual se tradujo en un incremento sostenido de este parámetro en los tratamientos que incorporaron dicho componente. En contraste, los factores de madurez del fruto y la concentración de levadura no mostraron diferencias significativas por separado ($p > 0,05$), aunque se observó una tendencia más pronunciada al alza en los tratamientos con cacao maduro y levadura al 1 %.

El tratamiento que combinó cacao en estado maduro con 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango alcanzó el mayor valor de pH (5,00) al día cinco, seguido de las formulaciones con 0,5 % de levadura sin extracto, cuyos valores oscilaron entre 4,50 y 4,80. En contraste, los tratamientos sin adición de levadura ni extracto mantuvieron valores inferiores, en el rango de 4,00 a 4,50. Aunque las interacciones múltiples entre factores no resultaron estadísticamente significativas, el comportamiento fermentativo mostró un patrón fisiológico favorable en presencia de biocomponentes. Los coeficientes de variación se mantuvieron dentro de rangos metodológicamente aceptables (CV: 8,59 – 14,63), y el error es-

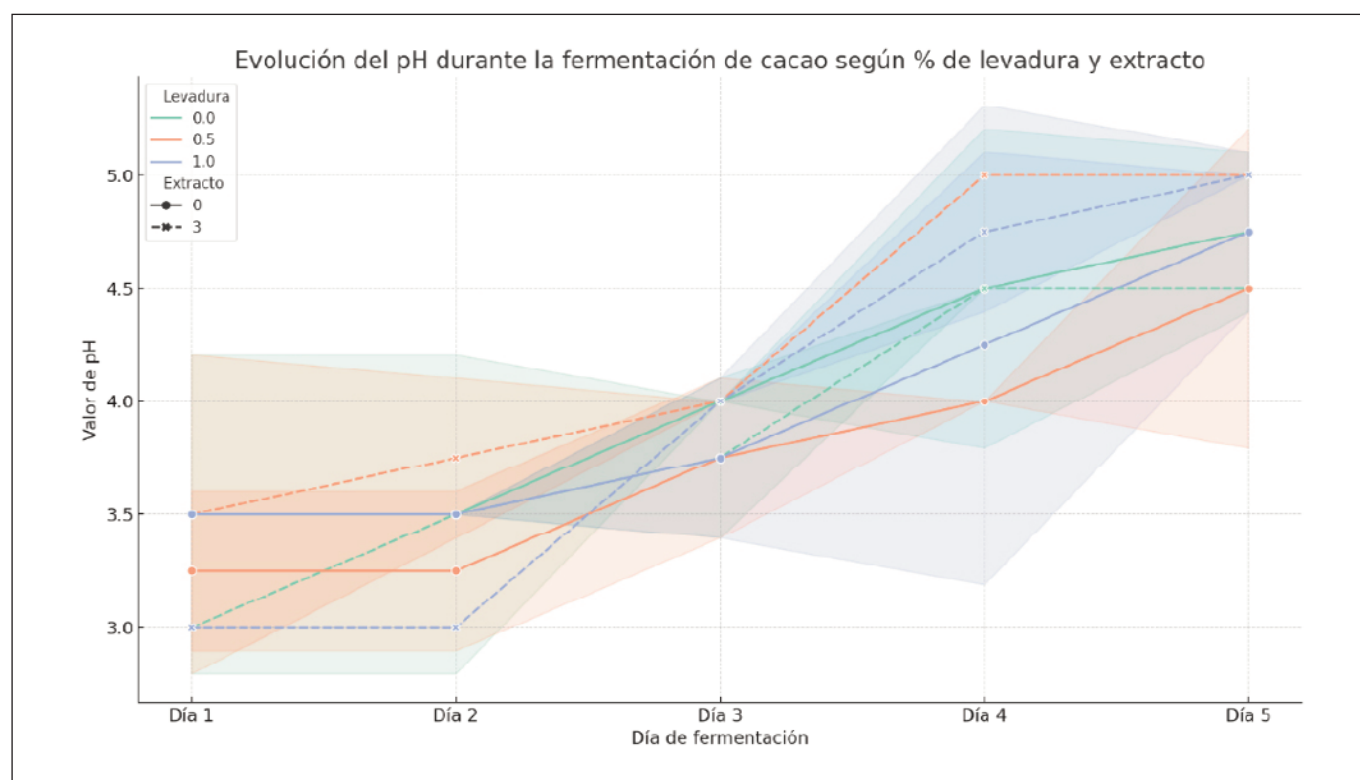


Figura 1. Evolución del pH durante la fermentación de almendras de cacao según el % de levadura y extractos

tándar de la media se mantuvo estable entre $\pm 0,25$ y $\pm 0,35$, asegurando la fiabilidad de los datos obtenidos.

Sólidos Solubles

Los resultados presentados en la figura 2, muestran una disminución progresiva en los valores de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) durante los cinco días de fermentación, con registros iniciales entre 21,00 y 23,00 $^{\circ}\text{Brix}$, que descendieron hasta un rango final de 6,00 a 8,00 $^{\circ}\text{Brix}$. Este comportamiento decreciente fue común a todos los tratamientos, evidenciando el consumo gradual de azúcares por parte de la microbiota activa durante el proceso fermentativo.

El análisis estadístico indicó que la adición de *Saccharomyces cerevisiae* tuvo un efecto significativo en el día 3 ($p = 0,0124$), mientras que la inclusión de extracto de mango generó diferencias significativas en el día 4 ($p = 0,0385$). En contraste, el estado de madurez de las mazorcas no presentó influencia estadísticamente relevante sobre la variable, al igual que las interacciones entre factores ($p > 0,05$).

Los tratamientos que incorporaron levadura al 1 % mostraron una mayor eficiencia en la reducción de los $^{\circ}\text{Brix}$ al final del proceso, alcanzando mínimos de hasta 6,00, lo que sugiere una fermentación más intensa y activa. En particular, el tratamiento que combinó cacao maduro con levadura al 1 %

y extracto de mango evidenció una disminución sostenida, pasando de 21,50 $^{\circ}\text{Brix}$ en el primer día a 6,50 $^{\circ}\text{Brix}$ en el quinto. En contraste, los tratamientos sin adición de levadura ni extracto conservaron valores más elevados, con promedios finales cercanos a 8,00 $^{\circ}\text{Brix}$. Los coeficientes de variación (CV) oscilaron entre 4,88 y 8,29, y el error estándar de la media (EEM) se mantuvo entre $\pm 0,35$ y $\pm 0,56$, reflejando una adecuada homogeneidad en las mediciones. La tendencia descendente generalizada en los $^{\circ}\text{Brix}$ ratifica la dinámica esperada del proceso fermentativo y su relación directa con la degradación del mucílago azucarado.

Temperatura

Los resultados consignados en la figura 3, reflejan una tendencia ascendente en la variable temperatura a lo largo de los cinco días de fermentación, con incrementos determinados principalmente por la aplicación de *Saccharomyces cerevisiae*. En el primer día, las temperaturas iniciales fluctuaron entre 23,0 $^{\circ}\text{C}$ y 27,0 $^{\circ}\text{C}$, mientras que hacia el quinto día se alcanzaron valores máximos entre 45,0 $^{\circ}\text{C}$ y 47,5 $^{\circ}\text{C}$, indicando una actividad microbiana sostenida y eficiente en los tratamientos más activos.

El análisis estadístico reveló un efecto significativo del factor levadura sobre la temperatura registrada en el segundo día del proceso fermentativo ($p = 0,0029$), lo que sugiere que la in-

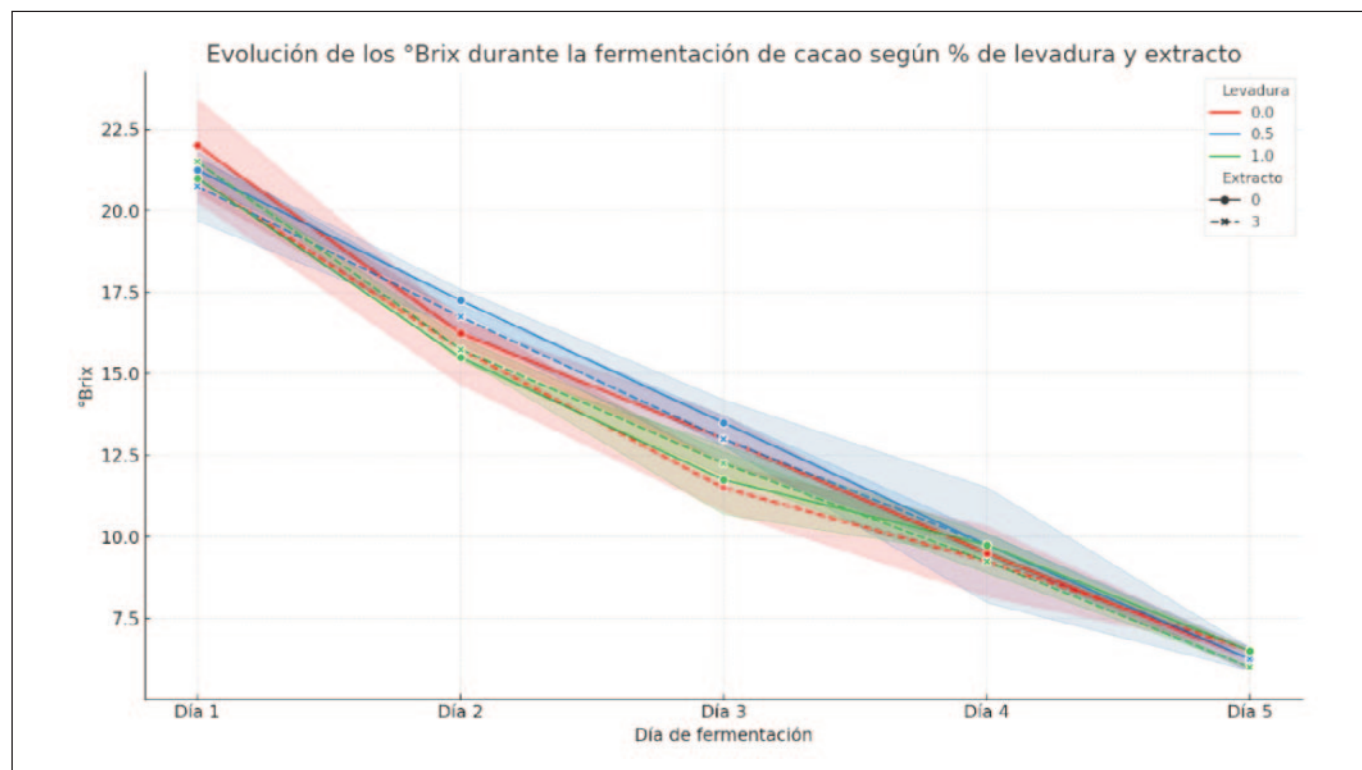


Figura 2. Variación del contenido de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) durante la fermentación de almendras de cacao en función del % de levadura y los extractos

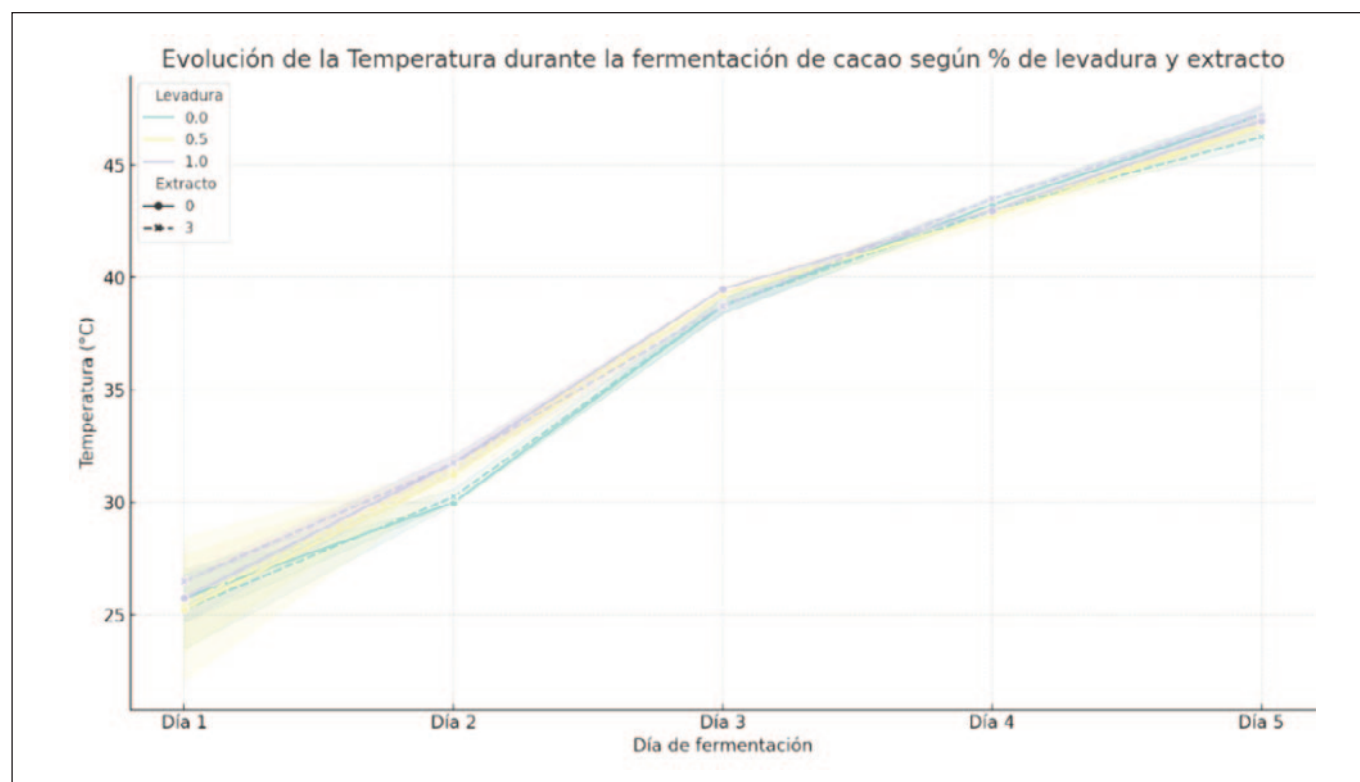


Figura 3. Evolución de la temperatura durante la fermentación de almendras de cacao según % de levadura y extractos

corporación de *S. cerevisiae* estimuló una mayor producción de calor metabólico en las fases iniciales. En contraste, ni el grado de madurez de la mazorca ni la adición del extracto de mango mostraron efectos significativos sobre esta variable ($p > 0,05$) en ninguno de los días evaluados. Asimismo, no se detectaron diferencias estadísticas relevantes en las interacciones dobles ni triples entre los factores estudiados.

Los tratamientos que contenían levadura al 1 % presentaron los mayores aumentos de temperatura, siendo particularmente destacado el tratamiento que combinó cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango, el cual alcanzó la temperatura más elevada al día 5 (47,5 °C). Por el contrario, los tratamientos control, sin adición de levadura ni extracto, mostraron un comportamiento térmico más moderado, con temperaturas finales que oscilaron entre 43,0 °C y 45,0 °C.

El coeficiente de variación (CV) fue bajo en todas las jornadas del experimento, situándose entre 1,81 % y 7,54 %, mientras que el error estándar de la media (EEM) se mantuvo dentro de márgenes aceptables ($\pm 0,50$ a $\pm 1,37$), lo que refleja una alta precisión y confiabilidad en los registros térmicos obtenidos durante el desarrollo del estudio. Estos resultados respaldan el efecto termogénico inducido por la levadura como factor clave en la dinámica fermentativa del cacao.

Prueba de corte

La evaluación física del grano, presentada en la figura 4, reveló diferencias significativas influenciadas por los factores de madurez del fruto, aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* y adición de extracto de mango. El análisis estadístico mostró que el estado de madurez tuvo un efecto significativo sobre el peso seco de las almendras ($p = 0,0002$), el índice de semilla ($p = 0,0176$) y, en menor grado, sobre el porcentaje de granos bien fermentados ($p = 0,0827$). Asimismo, el factor levadura generó diferencias altamente significativas en el peso seco ($p < 0,0001$), lo que indica una influencia directa de la actividad microbiana sobre la pérdida de humedad y la concentración de masa seca. En contraste, el extracto de mango no mostró efectos estadísticamente relevantes sobre estas variables ($p > 0,05$).

El tratamiento que combinó cacao maduro con 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango obtuvo el mayor peso seco registrado (845,50 g), así como el valor más alto en el índice de semilla (1,80). Este mismo tratamiento presentó también el porcentaje más elevado de granos correctamente fermentados (86,0 %) y la menor incidencia de defectos, con sólo 3,00 % de granos violetas, 0,50 % de pizarrosos y ausencia total de mohosos.

En contraposición, los tratamientos testigo, sin adición de levadura ni extracto, reportaron los niveles más bajos en

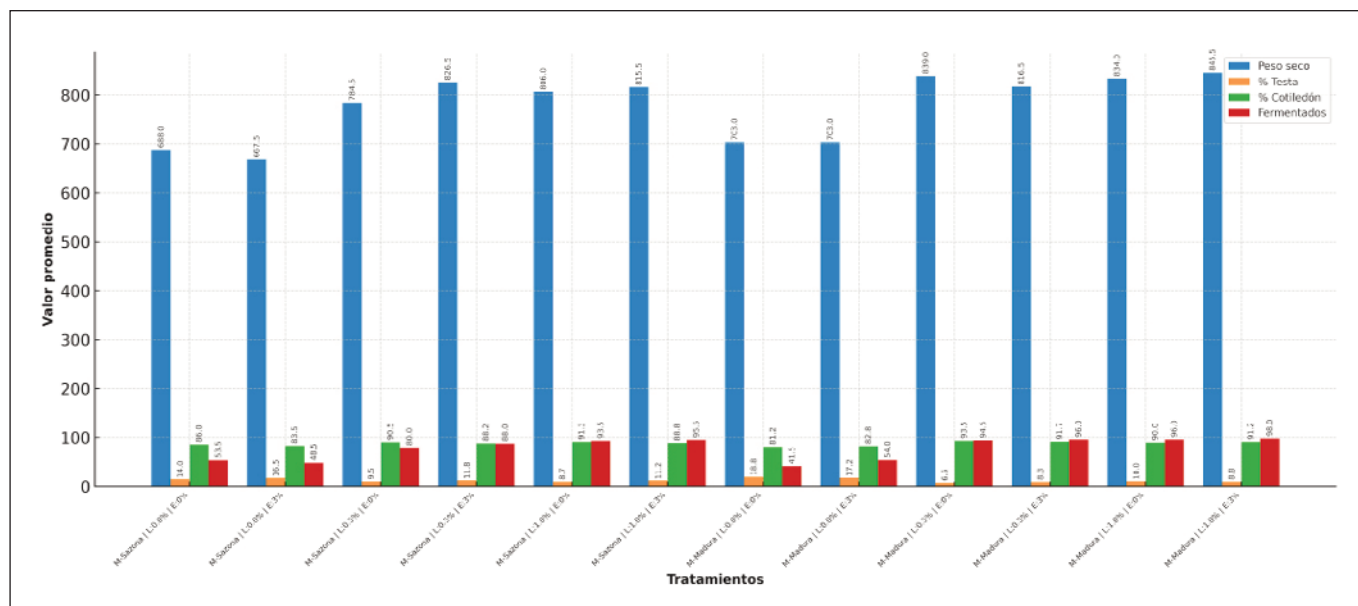


Figura 4. Comparación consolidada de variables de la prueba de corte en almendras de cacao fermentadas y secas según el % de levadura y extracto de mango

cuanto a calidad física: los granos fermentados oscilaron entre 36,0 % y 54,0 %, con alta proporción de violetas (hasta 45,50 %) y una mayor frecuencia de defectos pizarrosos (1,5 %).

Respecto a la proporción de cotiledón y de testa, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), aunque sí se observaron variaciones fisiológicas acordes al estado de madurez y al uso de levadura, registrándose mayor desarrollo de cotiledón en frutos maduros fermentados con inóculo.

Los coeficientes de variación fueron bajos en las variables más relevantes (CV: 0,63 % – 4,57 %), y los errores estándar de la media se mantuvieron dentro de rangos controlados, lo que respalda la solidez y la consistencia del experimento. Estos resultados confirman que la aplicación de levadura, en interacción con el estado de madurez, tiene un efecto positivo en los parámetros físicos clave del grano de cacao.

Efecto de la concentración de levadura y extractos en las pruebas químicas

Los resultados obtenidos para la variable acidez titulable, detallados en la figura 5, evidenciaron diferencias marcadas entre tratamientos, con valores que fluctuaron entre 0,93 % y 0,32 %. El análisis estadístico reveló un efecto altamente significativo ($p < 0,0001$) de los tres factores evaluados estado de madurez, concentración de *Saccharomyces cerevisiae* y aplicación de extracto de mango además de la existencia de interacciones estadísticamente significativas entre todos ellos. El tratamiento más eficiente en la reducción de

acidez fue aquel que combinó cacao maduro con 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango, alcanzando el valor mínimo registrado (0,32 %), lo que refleja una depuración efectiva de los ácidos orgánicos al finalizar la fermentación. En contraposición, la acidez más elevada (0,93 %) se observó en frutos en estado sazón sin inoculación ni adición de extracto, situación que evidencia una fermentación incompleta o menos eficiente.

En relación con la alcalinidad de cenizas, los valores se situaron entre 18,85 % y 22,44 %. El análisis de varianza mostró que únicamente el factor madurez ejerció un efecto significativo sobre esta variable ($p = 0,0312$), mientras que ni la levadura, ni el extracto, ni sus interacciones presentaron efectos estadísticamente relevantes ($p > 0,05$). Los niveles más altos de ceniza se asociaron con tratamientos aplicados a frutos maduros, independientemente del resto de los factores, lo que sugiere una mayor concentración mineral residual en este grupo.

Por otro lado, el contenido de humedad final del grano mostró una alta uniformidad entre tratamientos, con valores estrechos que oscilaron entre 4,80 % y 4,86 %, sin diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). El coeficiente de variación fue bajo (1,26 %) y el error estándar de la media se mantuvo en $\pm 0,04$, lo que indica un secado homogéneo posterior a la fermentación y una adecuada estandarización del proceso en todas las unidades experimentales. Estos resultados, en conjunto, destacan el papel determinante de los tratamientos combinados sobre la reducción de acidez, manteniendo a su vez la integridad fisicoquímica del grano.

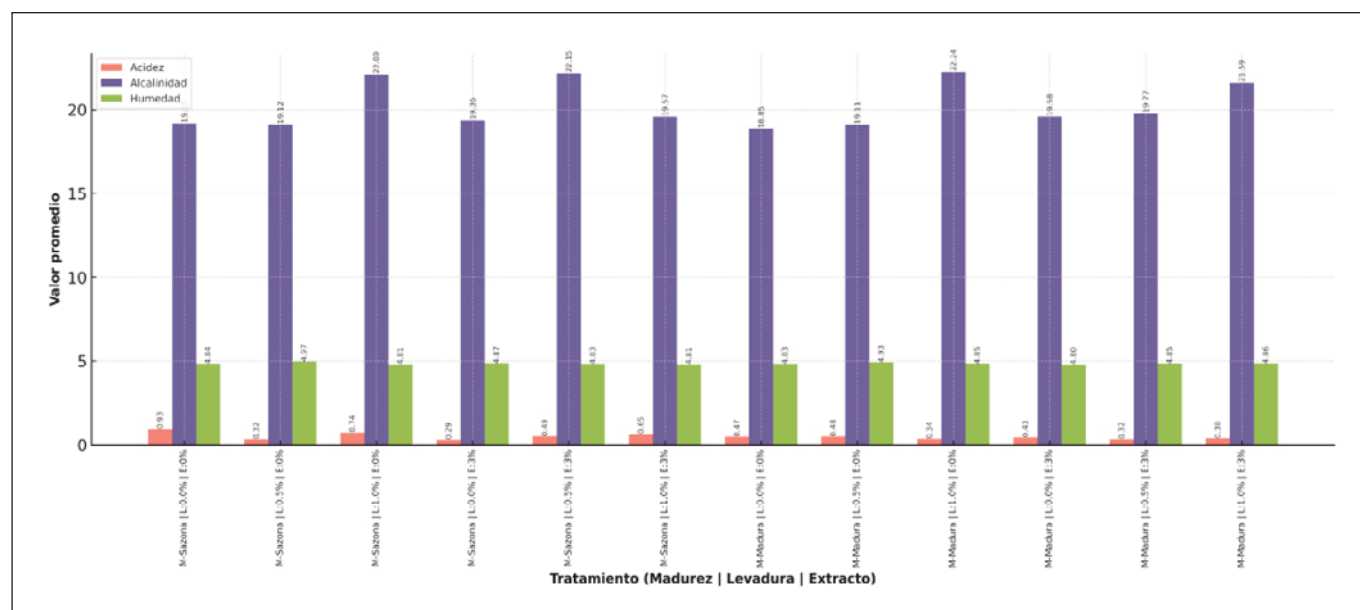


Figura 5. Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables de la prueba químicas

Interacción entre los estados de madurez, la inducción de levadura y la adición de extractos de mango en el análisis organoléptico

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, expuestos en la figura 6, revelaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en las variables de apariencia, color, aroma, textura y sabor, influenciadas por el grado de madurez del fruto, la concentración de *Saccharomyces cerevisiae* y la adición de extracto de mango. La variable apariencia presentó efectos significativos ($p < 0,05$) para todos los factores evaluados, así como para las interacciones madurez $\times$ levadura y levadura $\times$ extracto. Los puntajes oscilaron entre 3,53 y 4,60, siendo este último registrado en los tratamientos que incluyeron frutos maduros fermentados con 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango, destacándose por su uniformidad visual y atractivo superficial.

En relación con el color, se detectaron diferencias significativas para los factores madurez ($p = 0,0189$) y extracto ($p = 0,0118$), con calificaciones que variaron entre 3,27 y 4,53. La adición de extracto de mango se asoció con una mayor estabilidad y apreciación del color, sugiriendo su efecto positivo en la conservación de pigmentos y compuestos relacionados con la tonalidad del chocolate. El aroma fue modulado significativamente por todos los factores analizados ($p < 0,05$), con valores que oscilaron entre 3,27 y 4,87. El tratamiento con mazorca madura, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango obtuvo el puntaje más alto, evidenciando una mayor generación de compuestos volátiles deseables. Por el contrario, las muestras sin adición de biocomponentes mostraron puntuaciones aromáticas inferiores.

En cuanto a la textura, se observaron diferencias significativas asociadas al uso de levadura ($p = 0,0043$) y al extracto de mango ($p = 0,0487$). Las calificaciones oscilaron entre 3,13 y 4,47, con mejores resultados en los tratamientos inoculados con levadura al 1 %, lo cual sugiere una estructura más homogénea y agradable del producto final. Respecto al sabor, se identificaron efectos significativos tanto del extracto de mango ($p = 0,0002$) como de la interacción madurez $\times$ levadura ($p = 0,0498$). Los puntajes variaron entre 3,20 y 4,53, siendo estos últimos correspondientes a tratamientos con frutos maduros combinados con extracto, que lograron un perfil gustativo más complejo y armónico.

Interacción del estado de madurez del grano, la inoculación de levaduras y la adición de extracto de mango (*Mangifera indica* L.) sobre la capacidad antioxidante del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la fermentación

La capacidad antioxidante del cacao fermentado de la figura 7, medida en $\mu\text{mol Trolox/g}$, reflejó variaciones relevantes asociadas a la interacción entre el estado de madurez del fruto, la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae*. los tratamientos requieren, y la adición de extracto de mango. Todos los tratamientos mantuvieron niveles notables de actividad antioxidante, con valores que oscilaron entre 355.95 y 581.03 $\mu\text{mol Trolox/g}$, confirmando que el cacao CCN - 51 posee un alto potencial bioactivo incluso tras el proceso fermentativo.

Los tratamientos sin adición de biocomponentes conservaron los niveles más elevados de antioxidantes, destacando el

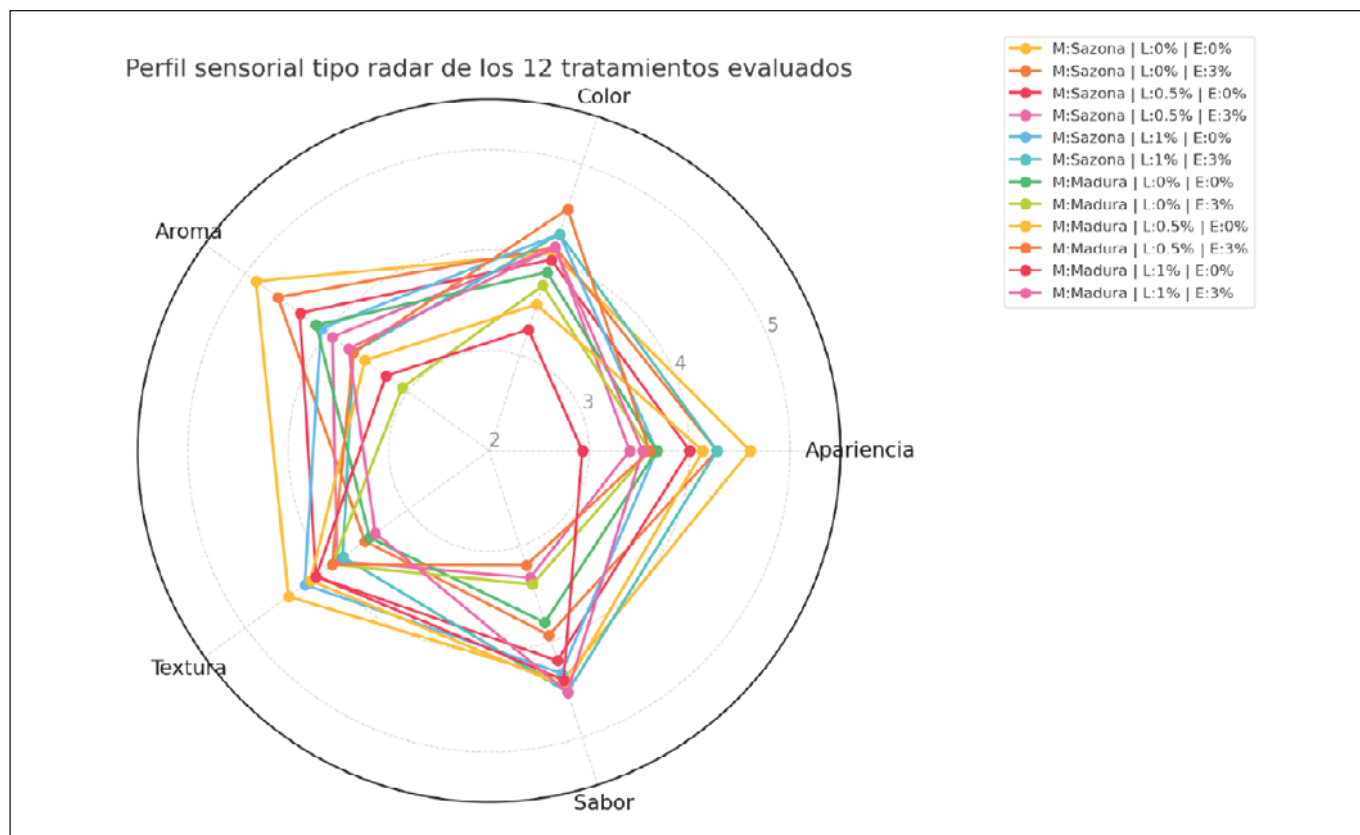


Figura 6. Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre las variables sensoriales

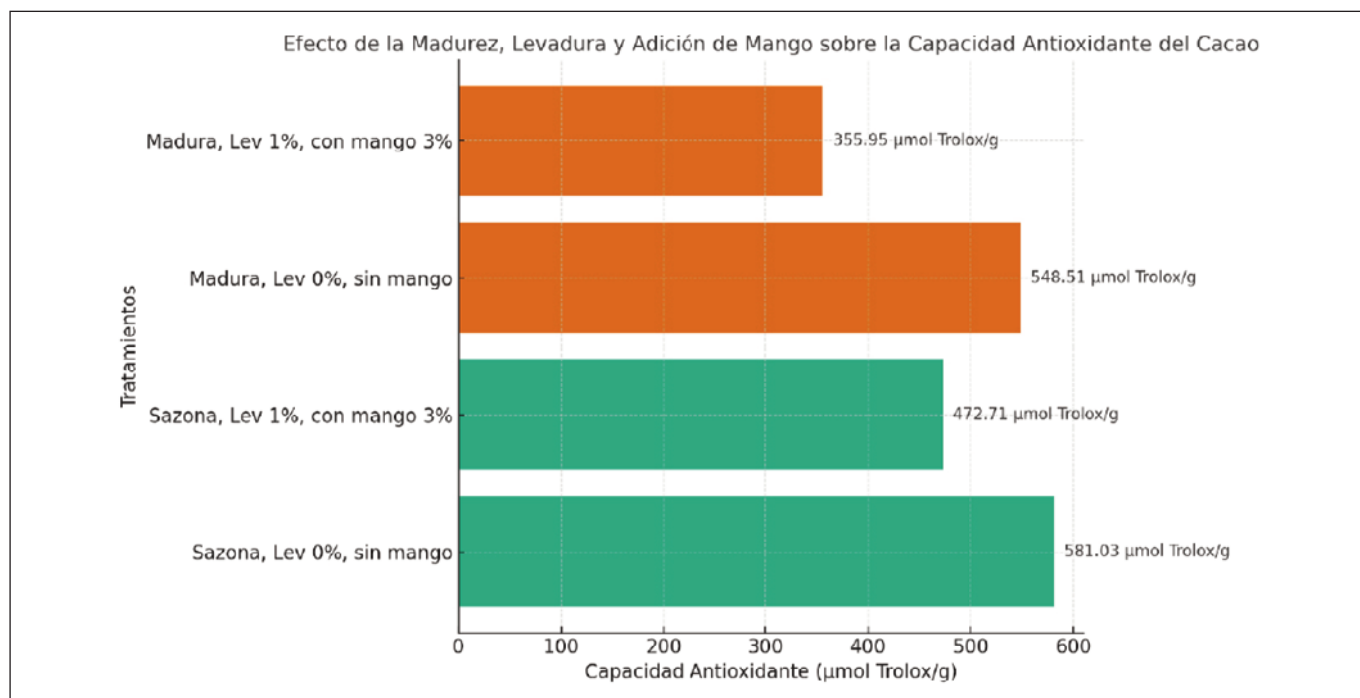


Figura 7. Efecto de la interacción de los dos estados de madurez (Sazona y Madura), en base a la inducción de levadura (0 %, 0.5 % y 1.0 %), Bajo la aplicación de extractos de mango sobre la variable capacidad antioxidante

cacao sazón sin levadura ni mango (581.03 $\mu\text{mol Trolox/g}$) y el cacao maduro en iguales condiciones (548.51 $\mu\text{mol Trolox/g}$ adecuada). Sin embargo, la aplicación combinada de tecnologías fermentativas también preserva valores antioxidantes considerables, lo que evidencia una adecuada compatibilidad del uso de levadura y extracto de mango con la integridad funcional del grano.

En particular, el tratamiento con levadura al 1 % y extracto de mango al 3 % aplicado sobre cacao sazón mantuvo una capacidad antioxidante de 472.71 $\mu\text{mol Trolox/g}$, mientras que en el caso del cacao maduro valor fue, este valor fue de 355,95 $\mu\text{mol Trolox/g}$ resultados. Estos resultados confirman que, si bien se presenta una ligera reducción, la bioactividad antioxidante se conserva en niveles funcionales, permitiendo el desarrollo de protocolos fermentativos con valor agregado, sin comprometer las propiedades nutraceuticas del cacao.

DISCUSIÓN

Durante el proceso fermentativo del cacao, se observó una tendencia ascendente en los valores de pH, consistente con la dinámica microbiana característica de esta etapa poscosecha. Inicialmente, los valores oscilaron entre 3.00 y 4.00, incrementándose hasta un rango de 4.00 a 5.00 al quinto día. Este patrón coincide con lo descrito por Morales 2024¹⁴, quienes atribuyen dicho aumento a la producción de metabolitos alcalinos generados por levaduras y bacterias ácido-lácticas durante su metabolismo. De forma particular, la adición de extracto de mango al 3 % resultó determinante en el incremento significativo del pH al cuarto día ($p = 0.0111$), efecto posiblemente vinculado a su composición rica en azúcares fermentables y compuestos fenólicos, que actúan como sustratos energéticos y amortiguadores fisiológicos, tal como lo sugieren Intriago 2024¹⁵.

Aunque los factores madurez y concentración de levadura no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), se evidenció una tendencia hacia valores más elevados de pH en tratamientos que combinaron cacao maduro con 1 % de *Saccharomyces cerevisiae*. Esta observación está respaldada por Medina 2025¹⁶, quienes reportaron que la inoculación con levaduras incrementa la tasa de metabolismo de azúcares y la producción de compuestos básicos, elevando el pH del sistema. Esta sinergia entre microorganismos y extractos frutales parece favorecer una fermentación más estable, promoviendo condiciones microambientales óptimas para el desarrollo de compuestos precursores de aroma y sabor, como también lo destacan Vásquez 2022¹².

En paralelo, la reducción de los sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) mostró una tendencia descendente sostenida, evidenciando una intensa actividad fermentativa por parte de la microbiota involucrada. Los valores iniciales entre 21.00 y 23.00 $^{\circ}\text{Brix}$ disminuyeron hasta 6.00–8.00 hacia el final del proceso, comportamiento que concuerda con lo documentado por Morales

2024¹⁴. El análisis estadístico indicó un efecto significativo de la levadura en el día 3 ($p = 0.0124$) y del extracto de mango en el día 4 ($p = 0.0385$), confirmando su papel en la aceleración del consumo de azúcares fermentables. Estos resultados se alinean con los hallazgos Gusmán 2025¹⁷, quienes señalaron que tanto *Saccharomyces cerevisiae* como los extractos frutales enriquecen el medio fermentativo, promoviendo la hidrólisis del mucílago y facilitando una reducción más eficaz del contenido de azúcares solubles.

La evolución térmica del sistema fermentativo mostró un ascenso progresivo, alcanzando temperaturas finales entre 45.0 y 47.5 $^{\circ}\text{C}$, coherente con los procesos exotérmicos típicos de la fermentación microbiana. Se observó un efecto significativo de la levadura en el segundo día ($p = 0.0029$), lo que sugiere que su inclusión estimuló una rápida activación metabólica. Aunque los factores de madurez y extracto de mango no tuvieron un impacto estadísticamente significativo sobre esta variable, los tratamientos combinados con ambos elementos y levadura alcanzaron los valores térmicos más elevados. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Campus 2025¹⁸, quienes destacan que una mayor temperatura optimiza la descomposición del mucílago y favorece la transformación de compuestos aromáticos precursores.

En cuanto a los parámetros físicos del grano, se registraron mejoras notables en peso seco, índice de semilla y porcentaje de granos fermentados bajo la influencia conjunta de madurez fisiológica, levadura y extracto de mango. El tratamiento más eficaz alcanzó un peso seco de 845.50 g y un índice de semilla de 1.80, indicando un desarrollo fisiológico avanzado y una fermentación más eficiente. Asimismo, el porcentaje de granos fermentados alcanzó hasta un 86.0 %, contrastando con los valores más bajos (36.0–54.0 %) observados en los tratamientos testigo. Estos resultados corroboran lo planteado por Intriago 2024¹⁵ y, quienes evidenciaron que los bio-componentes aplicados durante la fermentación optimizan el ambiente bioquímico del grano.

En relación con los defectos físicos, se registraron reducciones significativas en la presencia de granos violetas, pizarreros y mohosos en los tratamientos con intervención biotecnológica, cumpliendo con los estándares de calidad internacional. Estos resultados refuerzan las conclusiones de Vera 2023¹⁰, sobre el impacto positivo de las fermentaciones dirigidas en la apariencia estructural del grano.

Los parámetros químicos también reflejaron efectos relevantes de los tratamientos. La acidez titulable fue significativamente menor en el tratamiento con cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto de mango (0.32 %), frente a valores de hasta 0.93 % en frutos sazón sin intervención. El análisis estadístico evidenció significancia en todos los factores y sus interacciones ($p < 0.0001$), confirmando una sinergia funcional en la reducción de compuestos ácidos. Este comportamiento coincide con lo descrito por Morales 2024¹⁴.

En el caso de la alcalinidad de cenizas, se identificó influencia significativa únicamente del estado de madurez ($p = 0.0312$), con mayores valores en frutos maduros, hecho que refleja una mayor concentración de minerales básicos, tal como lo destacan Cedeño 2024¹⁵, la humedad final del grano fue homogénea entre tratamientos (4.80 % – 4.86 %), sin diferencias significativas, lo que indica un secado posfermentativo uniforme y adecuado, condición esencial para la estabilidad del producto final.

Desde el punto de vista sensorial, los tratamientos combinados mejoraron significativamente los atributos evaluados (apariencia, color, aroma, textura y sabor). El tratamiento con cacao maduro, 1 % de levadura y 3 % de extracto obtuvo los puntajes más altos en todas las variables, destacándose por su perfil aromático y gustativo más dulce, redondo y con menor astringencia. Estos resultados son consistentes con los estudios de Vera 2024¹⁹, quienes demostraron que los metabolitos generados por la fermentación dirigida pueden modular favorablemente las características sensoriales del cacao.

Por último, la capacidad antioxidante del cacao fermentado se mantuvo funcionalmente activa en todos los tratamientos, aunque se observó una ligera disminución en aquellos que incluyeron biocomponentes, alcanzando valores de 355.95 a 472.71 $\mu\text{mol Trolox/g}$, frente a los 548.51–581.03 $\mu\text{mol Trolox/g}$ de los controles. Esta reducción, sin embargo, no compromete la funcionalidad nutracéutica del grano y podría estar vinculada a la transformación de compuestos fenólicos en precursores aromáticos, como lo afirman Vera 2024²⁰. La triple interacción madurez $\times$ levadura $\times$ extracto mostró una compatibilidad tecnológica favorable, permitiendo conservar la bioactividad dentro de parámetros aceptables y sentando las bases para protocolos de fermentación dirigida con valor agregado, tanto para el cacao de especialidad como para su aplicación industrial.

CONCLUSIONES

La caracterización del estado de madurez fisiológica del cacao como variable clave en la eficiencia fermentativa reveló que los frutos completamente maduros constituyen el sustrato más favorable para la implementación de estrategias fermentativas dirigidas. Particularmente, la sinergia entre frutos maduros, una inoculación de *Saccharomyces cerevisiae* al 1 % y la aplicación de extracto de mango al 3 % promovió una fermentación más vigorosa, evidenciada por una mayor generación de calor metabólico (47.5 °C), una reducción acelerada de azúcares solubles (6.0 °Brix), y un incremento progresivo del pH (hasta 5.00), lo cual indica una bioactividad microbiana más intensa y un entorno fermentativo más estable en comparación con frutos en estado intermedio de madurez.

El análisis de la calidad físico-química del grano fermentado bajo estas condiciones permitió identificar mejoras

significativas en variables críticas, incluyendo un incremento en el peso seco (845.5 g), un mayor índice de semilla (1.80) y un elevado porcentaje de granos completamente fermentados (86.0 %), junto con una marcada reducción en los defectos estructurales como granos violetas, pizarrosos y mohosos. A nivel composicional, se observó una reducción significativa en la acidez titulable (hasta 0.32 %), sin comprometer la estabilidad del contenido de humedad ni la alcalinidad de cenizas. Asimismo, se mantuvieron niveles funcionales relevantes de actividad antioxidante (355.95–581.03 $\mu\text{mol Trolox/g}$), lo que sugiere que la intervención biotecnológica no afecta negativamente las propiedades bioactivas del grano.

Desde el enfoque normativo, la aplicación de este protocolo fermentativo en frutos maduros permitió cumplir con los estándares establecidos por la norma INEN 176:2018 para cacao fermentado, alcanzando más del 85 % de granos bien fermentados, humedad inferior al 5 %, y una disminución significativa de defectos físicos. En paralelo, la evaluación sensorial reveló mejoras sustanciales en atributos organolépticos como apariencia, aroma, textura y sabor, particularmente en los tratamientos que incluyeron microorganismos y extractos frutales, resaltando así la valorización sensorial del producto final.

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la efectividad del uso combinado de levaduras seleccionadas y extractos frutales como herramienta biotecnológica para mejorar integralmente la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51. Esta aproximación no solo optimiza parámetros físico-químicos y sensoriales, sino que también preserva su funcionalidad bioactiva, fortaleciendo el posicionamiento del cacao ecuatoriano en mercados diferenciados de alto valor y calidad premium.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Técnica de Babahoyo y al Rector el Dr. Marcos Oviedo Rodríguez por el apoyo para que se pueda realizar esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vera J, Vallejo C, Párraga D, Morales W, Macías J, Ramos R. Physical-chemical and sensory attributes of the cocoa Nacional (*Theobroma cacao* L.) fifteen clones beans in Ecuador. *Sci Technol Mag* [Internet]. 2014;7(2):21–34. Available from: <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>
2. Vera J, Intriago F, Alvarado K, Vasquez L. Inducción anaeróbica de *bradyrhizobium japonicum* en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *J Sci Res* [Internet]. 2022;7(2):50–69. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7723254>
3. Vera J, Vásquez L, Valverde E, Rodríguez S, Uvidía M, Palacios J, et al. Elaboración de barras de chocolate a partir de almendras de

- cacao de montaña (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl L.) con adición de pasta de frutas deshidratadas de naranja (*Citrus x sinensis*) y mango (*Mangifera indica*). *Rev Agrosilvicultura y Medioambiente* [Internet]. 2024;2(1):71–90. Available from: <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v2.n1.2024.71-90>
4. Vera R, Vera J, Vásquez L, Cobos F, Rodríguez S, Pazmiño Á, et al. Efecto del mucilago de cacao adicionando con tres niveles de vinagre y melaza como herbicida en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev Soc Científica del Paraguay* [Internet]. 2025;30(1):1–13. Available from: <https://doi.org/10.32480/rscp.2025.30.1.0113>
 5. Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discov Food* [Internet]. 2024;4(163):1–13. Available from: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>
 6. Reyes J, Rivas T, Llerena L, Ramos R, Vásquez L, Preciado P, et al. Selenium Nanoparticles Improve Morpho-Physiological and Fruit Quality Parameters of Tomato. *Horticulture*. 2025;11(8):1–15. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11080876>
 7. Erazo C, Vera J, Tuarez D, Vásquez L, Alvarado K, Zambrano C, et al. Caracterización fenotípica en flores de cacao (*theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa. *Rev Bionatura* [Internet]. 2023;8(3):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11>
 8. Torres A, Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F. Extraction of Cocoa Powder for the Preparation of a Drink by Adding Mucilage and Guava. *Sarhad J Agric* [Internet]. 2023;39(2):10–8. Available from: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2023/39/s2.10.18>
 9. Intriago F, Chávez G, Vásquez L, Alvarado K, Escobar R, Vera J, et al. Evaluación del contenido de cadmio y caracterización fisicoquímica de almendras y pasta de cacao (*Theobroma cacao*). *Innovaciencia* [Internet]. 2023;11(1):1–11. Available from: <https://doi.org/10.15649/2346075X.3411>
 10. Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Rev Colomb Investig Agroindustriales* [Internet]. 2023;10(1):95–106. Available from: <https://doi.org/10.23850/24220582.5460>
 11. Subroto E, Djali M, Indiarito R, Lembong E, Baiti N. Microbiological Activity Affects Post-Harvest Quality of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Beans. *Horticulturae* [Internet]. 2023;9(7). Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070805>
 12. Vásquez L, Erazo C, Vera J, Intriago F. Induction of *rhizobium japonicum* in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J od Heal Sci* [Internet]. 2022;6(3):11354–71. Available from: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672>
 13. Alcívar L, Julca A, Quiroz J, Vásquez L, Oviedo M, Soto D. Caracterización química del cacao Nacional y CCN-51 en Los Ríos, Ecuador. *Rev Investig en Ciencias Agroindustriales y Vet* [Internet]. 2025;9(26):582–606. Available from: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.367>
 14. Morales W, Morante J, Robinson H, Ayuso M, Bernalte M. Effect of addition of yeasts and enzymes during fermentation on physicochemical quality of fine aroma cocoa beans. *J Agric Food Res* [Internet]. 2024;16:1–11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101126>
 15. Intriago F, Cedeño J, Parraga C, Alvarado K, Vásquez L, Revilla K, et al. Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cacao (*Theobroma cacao* L.) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. *Biotecnia* [Internet]. 2024;26(2422):1–8. Available from: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2422>
 16. Medina J, Vásquez L, Mendoza E, Pazmiño Á, Plua J. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogen compounds on the fermentation of banana pulp (*Musa* spp.). *Rev la Fac Agron la Univ del Zulia* [Internet]. 2025;42(3):1–7. Available from: [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v42.n3.VI](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v42.n3.VI)
 17. Guzmán T, Santiago L, Ruales J, Ramos L. Ecuadorian Cacao Mucilage as a Novel Culture Medium Ingredient: Unveiling Its Potential for Microbial Growth and Biotechnological Applications. *Foods*. 2025;14(2):1–19. Available from: <https://doi.org/10.3390/foods14020261>
 18. Campos S, Martínez W, Reis G, Ocán D, Santos G, Rosas F, et al. The Role of Microbial Dynamics, Sensorial Compounds, and Producing Regions in Cocoa Fermentation. *Microbiol Res (Pavia)* [Internet]. 2025;16(4):1–34. Available from: <https://doi.org/10.3390/microbiolres16040075>
 19. Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju M, Radice M. Physical and Organoleptic Evaluation of 12 Cocoa Clones (*Theobroma Cacao* L.) of National Type, in Cocoa Liquor—a Study from Ecuador. *Syst Smart Technol Innov Soc* [Internet]. 2024;870:199–211. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_18
 20. Vera J, Vasquez L, Zapata K, Cevallos R. Caracterización morfológica, fisicoquímica y microbiológica del cacao Macambo (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) en Ecuador. *Rev Agrotecnología Amaz* [Internet]. 2024;4(2):1–17. Available from: <https://doi.org/10.51252/raa.v4i2.657>

Anti-Angiogenic effects of *Ocimum basilicum* ethanolic extract: In vitro and ex vivo evidence of endothelial inhibition

Ibrahim AL-DEEB^{1,2}, Qasem ABDALLAH³, Amin Malik Shah ABDUL MAJID⁴, Melissa KILUS¹, Nozlana ABDUL SAMAD¹

¹ Department of Toxicology, Sains@BERTAM, Advanced Medical and Dental Institute, Universiti Sains Malaysia, Kepala Batas, Penang, Malaysia.

² Faculty of Pharmacy, Zarqa University, Zarqa, 13132, Jordan.

³ Department of Pharmacology and Biomedical Sciences, Faculty of Pharmacy and Medical Sciences, University of Petra, P.O. Box 961343, Amman 11196, Jordan.

⁴ Eman Biodiscoveries, Kedah Halal Park, Kawasan Perindustrian Sungai Petani, 08000 Sungai Petani, Kedah.

Recibido: 21/mayo/2025. Aceptado: 13/agosto/2025.

ABSTRACT

Background: Angiogenesis and inflammation are two linked processes that exacerbate solid malignancies such as colorectal cancer. Bearing this in mind, it was important to study the anti-angiogenic properties of a well-known anti-inflammatory herb, *Ocimum basilicum* Lamiaceae (OB). Although many studies have explored the OB cytotoxic properties against a panel of cell lines, to the best of our knowledge, this is the first study that aims to investigate the *in vitro* and *ex vivo* anti-angiogenic properties of OB.

Methods: Ethanolic extract of *Ocimum basilicum* leaves (OBL70) was prepared in 70% ethanol. Its half-maximal (IC₅₀) inhibitory concentration on HT29 and EA.hy926 cells were evaluated using viability assay. Its antiangiogenic activities were investigated through *ex vivo* rat aorta ring assay, migration assay, invasion assay, and tube formation assay.

Results and Conclusion: OBL70 demonstrated selective cytotoxicity against EA.hy926 endothelial cells and HT29 cells with IC₅₀ value of 79.78 ± 2.35 and >100 µg/ml respectively. At 100 µg/ml, 7 days exposure to OBL70 significantly inhibited rat aortic formation of new blood vessels by 77.46 ± 9.3% while the percentage of EA.hy926 survival after 96h exposure was reduced to 71.6 ± 4.1 %. In addition, OBL70 inhibited EA.hy926 migration by 59.1 % ± 1.17 and 49.5 % ± 3.79 at 12 and 24 h. OBL70 also decreased the number of endothelial cell invasion through the Matrigel by 31.51 ± 2.37%.

Notably, at both 200 and 100 µg/ml, OBL70 was able to stop tube formation totally. These significant findings suggest promising potential for translation into anti-angiogenic therapeutic agent.

KEYWORDS

Angiogenesis, anti-inflammatory, cytotoxicity, *Ocimum basilicum*.

INTRODUCTION

Angiogenesis, the formation of new blood vessels from pre-existing ones, plays a crucial role in tumor progression. This complex process involved several steps, including extracellular remodeling, endothelial cells (EC) proliferation, migration, invasion, capillary formation and vascular connections. While angiogenesis is essential in physiological processes like wound healing and fetal development, pathological angiogenesis supports tumor growth by supplying oxygen and nutrients to tumors enabling the dissemination of tumor cells, leading to secondary tumor formation¹.

The angiogenesis process is driven by sustained release of angiogenic factors, which can originate from tumor cells or stromal cells. Key factors include vascular endothelial growth factor (VEGF) and basic fibroblast growth factor (bFGF), primarily released by tumor cells. Additionally, chronic inflammation can initiate angiogenesis through the release of pro-inflammatory cytokines such as VEGF, IL-1α, IL-1β, and TNF-α, mainly by leukocytes². Targeting these factors has emerged as a promising strategy for cancer treatment.

Recent studies have focused on targeting VEGF, the primary soluble factor regulating EC behavior and barrier functions³.

Correspondencia:
Nozlana Abdul Samad
nozlana@usm.my

In mammals, the VEGF family consists of five members, glycoproteins released by various tumor malignancies as well as by ECs, neutrophils, platelets, macrophages, activated T cells, dendritic cells, and pericytes⁴. VEGF-A, the most potent stimulator of angiogenesis, binds with high affinity to tyrosine kinase receptors (VEGFR-1 and VEGFR-2) predominantly expressed on ECs. Although targeting VEGF has demonstrated proven efficiency and safety for colorectal cancer treatment when combined with chemotherapy, such as bevacizumab (a humanized anti-VEGF antibody) with 5-fluorouracil-leucovorin for colorectal cancer treatment⁵, tumors can develop resistance by producing alternative angiogenic factors⁶.

To overcome this challenge, recent research has shifted towards vascular targeting agents that directly target ECs, preventing them from responding to angiogenic stimuli⁷. This approach is based on the premise that ECs, being genetically stable, are less likely to develop drug resistance and may offer a more direct anti-angiogenic effect.

In this study, we investigated the in vitro and ex vivo anti-angiogenic effects of *Ocimum basilicum* Lamiaceae (OB), a common herb known for its ornamental and therapeutic uses, which has reported anti-inflammatory and antioxidant properties. Previous studies demonstrated the in vivo anti-angiogenic effect of OB's ethanolic extract using a duck embryo chorioallantoic membrane (CAM) assay, showing a significant decrease in new blood vessel formation compared to controls⁸. Our study aims to explore the anti-angiogenic potential of OB extract with minimal cytotoxicity. While many cytotoxic compounds or extracts exhibit anti-angiogenic effects by directly targeting cancer and endothelial cells, this study investigates the non-cytotoxic concentration of OB extract to elucidate the molecular mechanism behind its anti-angiogenic properties. To our knowledge, this is the first study to explore the anti-angiogenic effects of OB leaves extract.

MATERIAL AND METHODS

Plant Sample Collection And Extraction

The OB plant used in this study was collected from Taif city, Saudi Arabia, during August of 2017. Its taxonomic identification was conducted in the College of Pharmacy, Umm Al-Qura University, Makkah. Cleansed leaves were dried and grinded to make a fine powder. Then, 2g of OB leaf powder was sonicated in 70% ethanol (Merck, USA) for 8 minutes, followed with 48 h of continuous shaking at 55°C using KS 4000 i control incubator shaker (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Germany), and then filtered. The filtrate was then left to dry in a petri dish for 24 h with gentle shaking at 50°C. Dried extract was dissolved in Dimethyl Sulfoxide (DMSO) (Sigma-Aldrich, USA) to make a 200 mg/ml stock solution. This extract, hereafter referred to as OBL70, is stored at -20°C until further use.

Cell Culture And Incubation Conditions

HT29 epithelial colorectal cancer cell line and EA.hy926 endothelial cell line were provided by Dr. Amin Malek Shah (School of Pharmaceutical sciences, USM, Malaysia). HT29 cells were grown in RPMI-1640 (Gibco/Life technology, USA) while EA.hy926 cells were grown DMEM medium (Gibco/Life technology, USA). All culture media were supplemented with 1% Penicillin/streptomycin (Gibco/Life technology, USA) and 10% Fetal bovine serum (FBS) (Gibco/Life technology, USA). Incubation conditions were set at 37 °C in a humidified atmosphere containing 5% CO₂.

Cell Viability Assay

The 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay was utilized to assess the growth inhibitory properties of OBL70. Briefly, HT29 and EA.hy926 cells were suspended in 96-well plate at density of 2000 and 3000 cells/well, respectively. After overnight incubation, adhered cells were exposed to OBL70 at various concentrations, ranging from 1.56 µg/ml to 200 µg/ml. Vehicle control group was exposed to 0.05% DMSO, while blank wells contained cell-free medium. The treatment was carried out for 96 h, after which the supernatant was aspirated and replaced with fresh medium containing 0.5 mg/ml MTT (Sigma-Aldrich). After 4 h incubation with MTT solution, all media was removed from wells and formazan was dissolved in 150 µl DMSO with gentle mixing. Optical density was measured at 570 nm using a spectrophotometer (Biotek ELX808, USA), and the IC₅₀ and percentage of cell viability at 100 µg/ml was calculated for three independent experiments and expressed as mean ± SD.

Neovascularization Inhibition Of OBL70 Using Rat Aorta Ring Assay

This tissue-isolated method was done as described by (Nicosia and Ottinetti, 1990) with minor modification⁹. Female Wistar rats (12- 14 weeks old) were obtained from the animal house facility of the college of pharmacy of Taif University, KSA. The rats were kept under standards of animal facility conditions and were provided with free access to food and water. The rats were sustained in a 12 h day/night cycle at 25±2 °C with relative humidity of 50-60%. The in vivo protocol was approved by the Medical Ethics Committee of the department of pharmacology and Toxicology of Taif University college of pharmacy. Briefly, rats were anesthetized with ketamine/xylazine IP injection (70 µg/kg ketamine and 10 µg/ml xylazine) (Sigma-Aldrich, USA) and humanely euthanized by neck dislocation. Then, the thoracic aorta was picked, cleaned from adipose-tissue, and placed into M199 medium (Gibco/Life technology, USA). Next, the aorta was cut into similar lengths of 1 mm, and each ring was placed into a single well in 48-well plates preloaded with freshly prepared 300 µl/well M199 medium containing fib-

rinogen (3 µg/ml) (Merck, Germany) and aprotinin (5 µg/ml) (Sigma-Aldrich, USA). After explanting the rings, 10 µl of thrombin (50 U/ml in normal saline: bovine serum albumin) (Sigma-Aldrich, USA) was added to harden the layer. The plate was gently incubated for 1.5 h in the incubator. During that time, the upper layer (300 µl/well) was prepared by mixing M199 medium with 20% FBS, 2 mM L-glutamine (Gibco/Life technology, USA), 0.1% (w/v) aminocaproic acid (Sigma-Aldrich, USA) and 1% penicillin streptomycin (Lonza Group, Ltd., Basel, Switzerland) and amphotericin B antibiotics (Lonza Group, Ltd., Basel, Switzerland). The samples were treated with 100 µg/ml OBL70. Suramine (Sigma-Aldrich, USA) at 100 µg/ml was used as positive control whereas the negative control was 0.05 % DMSO. The treatments were carried out in incubation for seven days. However, on day four, the upper layer was pipetted and replaced by fresh layer containing similar treatments and concentrations as previously mentioned. Finally, on day seven, the neovascularization formation was investigated under inverted microscope supported with digital camera (EVOS fl) (Advanced Microscopy Group, USA) at $\times 4$ magnification power. The pictures were analyzed by imageJ 1.51n® software (National Institute of Health, Bethesda, MA, USA) by measuring the average length of newly formed vessels exposed to a treatment (4 rings/treatment) and calculating percentage of OBL70 inhibition compared to the negative control. Results were represented as mean $\pm$ SD.

Anti-Migration Properties Of OBL70 Against EA.hy926 (Scratch Assay):

Scratch assay was done as described by (10) with minor changes. Briefly, 5×10^5 cells/well were seeded into 6 well plates and left in the incubator to be almost 90% confluent. After that, a longitudinal scratch was made in the middle of cell layer using sterile 200 µl tips. The medium was removed, and wells were washed twice with PBS. Proceeding, 2 ml of low FBS containing-medium (2%) as well as OBL70 concentrations (100, 50, 25 and 12.5 µg/ml) were added to the wells. 0.05% DMSO was used as negative control. Pictures were taken for the scratches at 0, 12 and 24 h of treatment under the inverted microscope. Five pictures for each scratch were taken to measure the average width of scratch using ImageJ 1.51n® software (National Institute of Health, Bethesda, MA, USA). The rate of ECs migration was calculated by dividing the scratch width over the time, then the percentage of inhibition for each treatment concentration at specific period was calculated as the following:

$$\% \text{ inhibition of EA.hy926 migration} = (1 - (Rtr/Rc)) \times 100$$

Where Rtr: The rate of EA.hy926 migration for treated group.

Rc: The rate of EA.hy926 migration for untreated group.

Invasion Of EA.Hy926 Through Matrigel After OBL70 Treatment

This assay measures the ability of OBL70 to inhibit degradation of extracellular matrix by EA.hy926, which is considered a very important step in the angiogenesis. Matrigel (Corning, USA) was used in this assay by adding it into 96 well plates (50 µl/well 1:1; Matrigel: DMEM medium) and was left for one hour in the incubator to solidify. Next, 5000 cell/well suspended in DMEM medium containing OBL70 (200 and 100 µg/ml), or 10 µM vinblastine as positive control or 0.1% DMSO as negative control, were added carefully to each well. The plates were re-incubated for 24 h. Next day, the upper layer was removed, and the lower layer was rinsed with PBS carefully to remove uninvaded cells. Finally, pictures for each well were taken under inverted microscope at $\times 10$ magnification. The average number of invaded cells/mm² were calculated using ImageJ 1.51n® software. Then, the percentage of cell invasion inhibition was calculated according to this formula:

$$\% \text{ cell invasion inhibition} = (1 - (Nt/Nc)) \times 100$$

Where Nt: Mean cell number invading Matrigel for treated group.

Nc: Mean cell number invading Matrigel for untreated group.

Effect Of OBL70 Towards EA.hy926 Capability To Form Capillary-Like Structures (Tube Formation Assay)

The tube formation capability of EA.hy926 endothelial cells is the last step in the angiogenesis process before remodelling. It is the most important in vitro assay which reflects ECs proliferation, migration and invasion across Matrigel to form capillary-like structures¹¹. Here, 2×10^5 cells/ml was seeded into each culture flask and left for 48 h in the incubator. After that, old medium was discarded and replaced by fresh medium containing OBL70 (200 and 100 µg/ml), 10 µM vinblastine as positive control, or 0.1% DMSO as negative control. The cultured flasks were kept in the incubator for another 24 h. Then, treated cells were detached using trypsin and 500 µl/well containing 1×10^5 cells were seeded into 48-well plates preloaded with Matrigel (150 µl/well 1:1; Matrigel: DMEM medium). Plates were re-incubated with continuous check under the inverted microscope until forming tube structures (seen after 2 h). Pictures were taken under an inverted microscope at $4\times$ magnification for each well and the enclosed area surrounded by tubes were measured using ImageJ 1.51n® software. Finally, the percentage of tube formation inhibition by OBL70 was calculated as the following:

$$\% \text{ tube formation inhibition} = (1 - (Aeat/Aeac)) \times 100$$

Where Aeac: Average enclosed area for the untreated group.

Aeat: Average enclosed area for the treated group.

RESULTS

OBL70 Showed Selectivity Toward EA.hy926 Cells

OBL70 showed varying effects on proliferation of HT29 and EA.hy926 cells. As summarised in Table 1, OBL70 exhibited greater inhibitory effect on EA.hy926 cells, with a lower IC₅₀ value achieved at after the 96h treatment. The significant inhibition of EA.Hy926 cell proliferation by OBL70, with no notable effect on HT29 cells even at 100 µg/ml, suggests a targeted antiangiogenic effect rather than broad cytotoxicity. Based on the IC₅₀ results obtained, selected concentrations was used in the subsequent assays.

Table 1. OBL70 IC₅₀ and viability of HT29 and EA.hy926 cells after treatment with OBL70 in MTT assay

Cell line	Half-maximal inhibitory concentration (IC ₅₀) (µg/ml)
HT29	>100
EA.hy926	79.78 ± 2.35

Neovascularization formation inhibition by OBL70 using rat aorta ring assay:

Given that ECs are the principal cell type in angiogenesis, we investigated whether the inhibitory activity of OBL70 exhibited in in-vitro viability assay is sustained in ex-vivo settings. In other words, this method allowed us to prove whether OBL70 had potent anti-angiogenic effect in an ex vivo tissue-isolated setting. Our results revealed that 100 µg/ml OBL70 significantly inhibited the formation of new blood vessels comparable to the positive control, suramine. Specifically, OBL70 inhibited neovascularization by 77.46 ± 9.3 % after 7 days exposure, compared to the positive control (100 µg/ml suramine) which achieved 66.39 ± 2.5% inhibition (Figure 1). This finding high-

lights the antiangiogenic potential of OBL70 in a more complex biological settings.

OBL70 Inhibited Migration Of EA.hy926

Migration is a key step in angiogenesis process. Four different concentrations of OBL70 (100, 50, 25 and 12.5 µg/ml) were used to clarify its anti-migratory properties towards EA.hy926 after 24 h exposure. The results were represented as % inhibition for scratch closure after 12 and 24 h exposure in respect to negative control (0.05% DMSO). After 12 h, OBL70 at concentrations 100, 50, 25 and 12.5 µg/ml decreased scratch closure by 59.1 % ± 1.17, 28.6 % ± 1.67, 22.4 % ± 0.28 and -3.0 % ± 0.14, respectively. After 24 h, these values changed to 49.5 % ± 3.79, 15.0 % ± 3.75, 12.1 % ± 2.56 and -3.7 % ± 0.49 (Figure 2. A & B). All results are statistically significant compared to untreated cells, with exception for the 12.5 µg/ml treatment at 12 and 24 hours (P≤0.05). Interestingly, no significant difference in result for 100 µg/ml was noted between the two periods, while a significant reduction in the inhibitory effect of 50 and 25 µg/ml was noted between 12 and 24 h (P≤0.05).

Inhibition Of EA.Hy926 Invasion Capability Through Matrigel Barrier

OBL70 treatment showed suppressive activity on EA.hy926 invasion. The 24 h exposure to OBL70 (200 and 100 µg/ml), vinblastine (10 µM) and 0.1% DMSO produced varying number of invaded cells/mm² – 32.09 ± 1.8, 59.10 ± 2.05, 36.41 ± 2.35 and 86.29 ± 2.17, respectively. These values, when compared to untreated cells, correspond to cell invasion inhibition rates of 62.81 ± 2.09%, 31.51 ± 2.37%, and 57.81 ± 2.73%, respectively (Figure 3 A, B and C), all of which are significant (P≤ 0.05).

EA.hy926 Tube-Like Structures Inhibition By OBL70:

Assessment on the effects of OBL70 on tube formation revealed remarkable inhibitory activity. As depicted in Figure 4,

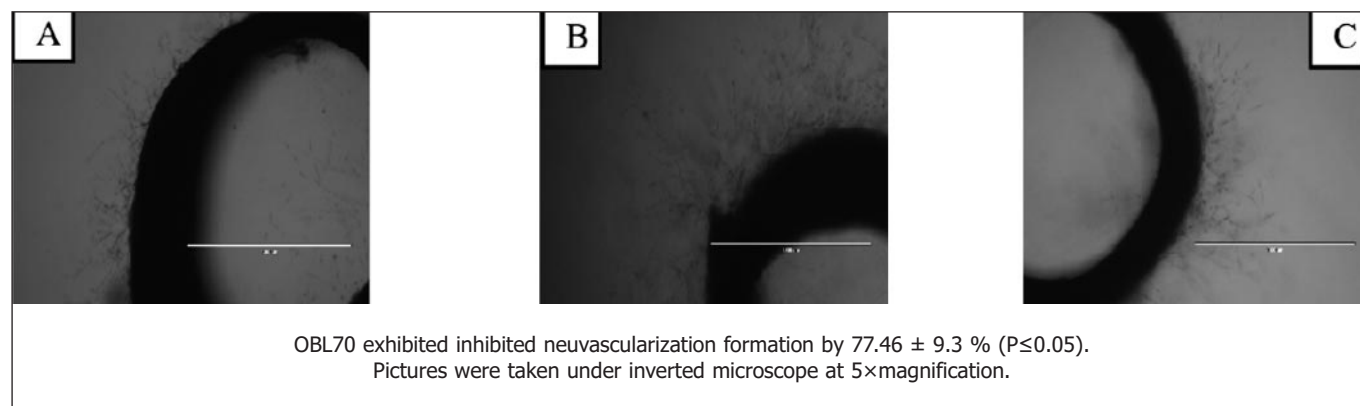
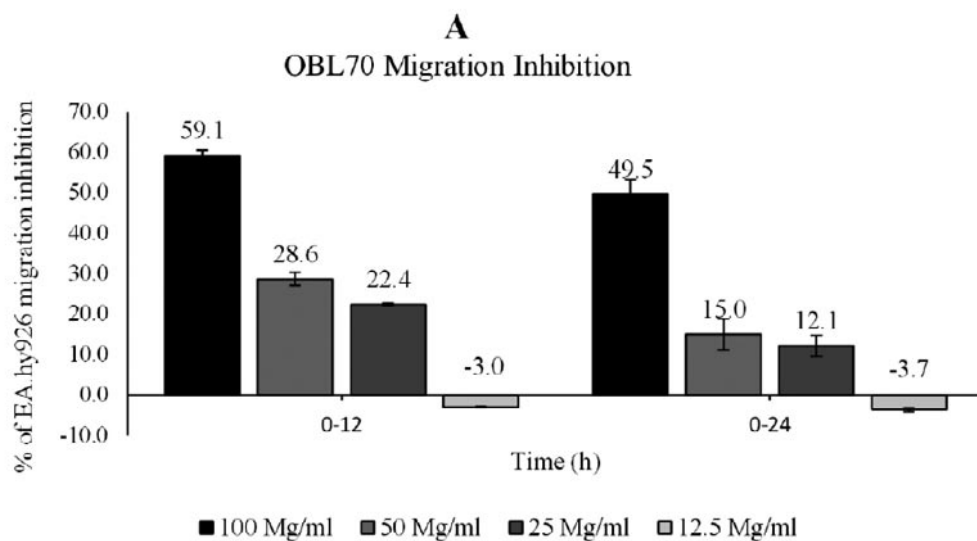


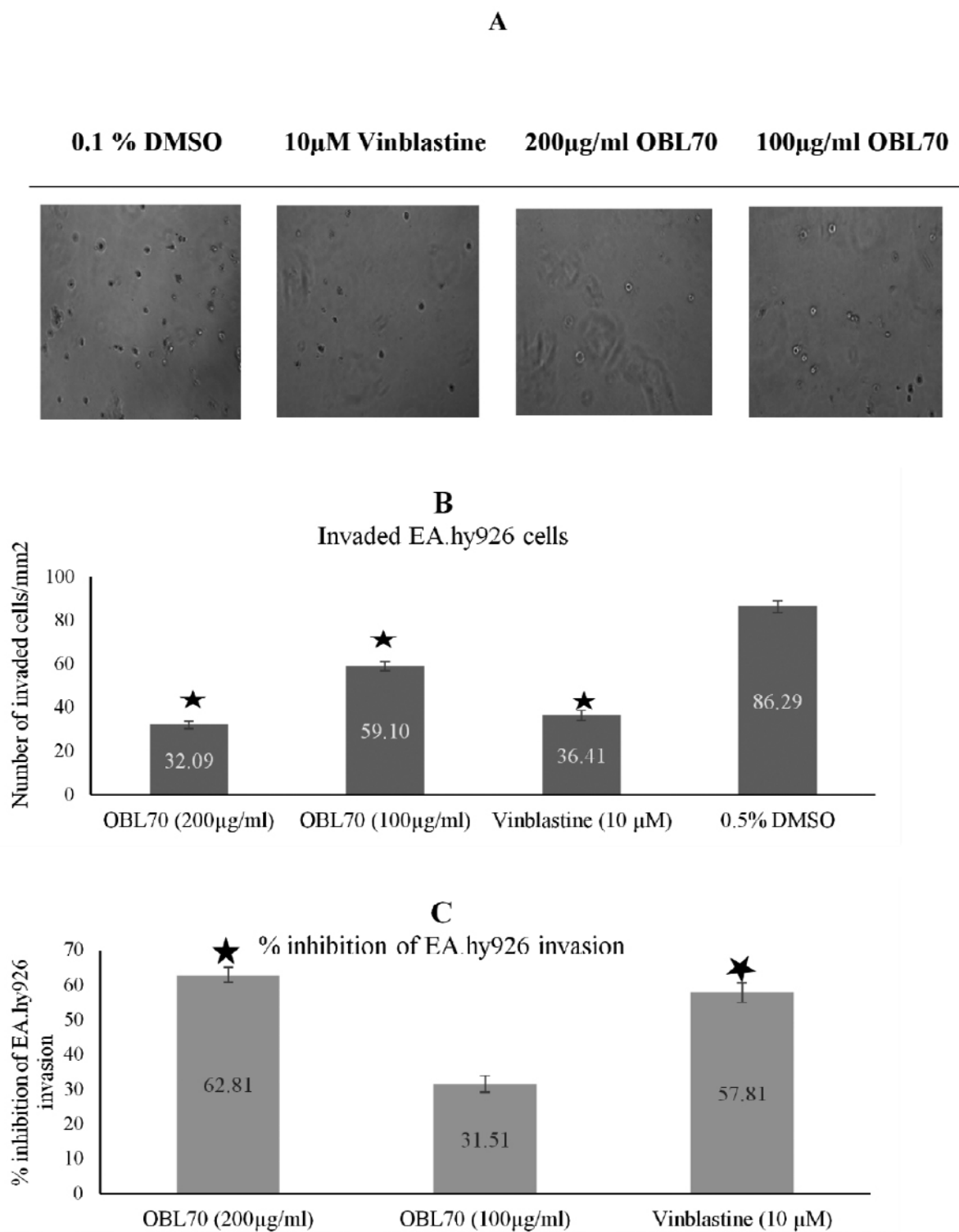
Figure 1. Neovascularization formation inhibition after 7 days treatment with 100 µg/ml of (A) OBL70; (B) Negative control (0.05% DMSO) and (C) 100 µg/ml Suramine

**B**

Treatment	Time (hrs)		
	0 h	12 h	24 h
0.05 % DMSO			
OBL70 (100 µg/ml)			
OBL70 (50 µg/ml)			
OBL70 (25 µg/ml)			

OBL70 extract inhibited migration of EA.hy926 cells after exposure 24 h. Pictures were taken at 12 and 24 h. (A) % of migration inhibition after 12 h and 24 h for 100 µg/ml was 59.1 % $\pm$ 1.17 and 49.5 % $\pm$ 3.79, for 50 µg/ml was 28.6 % $\pm$ 1.67 and 15.0 % $\pm$ 3.75, for 25 µg/ml was 22.4 % $\pm$ 0.28 and 12.1 % $\pm$ 2.56, and for 12.5 µg/ml was -3.0 % $\pm$ 0.14 and -3.7 % $\pm$ 0.49, respectively. (B) Pictures taken at 0, 12 and 24 h under inverted microscope at $\times$ 4 magnification. 0.05 % DMSO was used as negative control.

Figure 2. Percentage of EA.hy926 migration inhibition

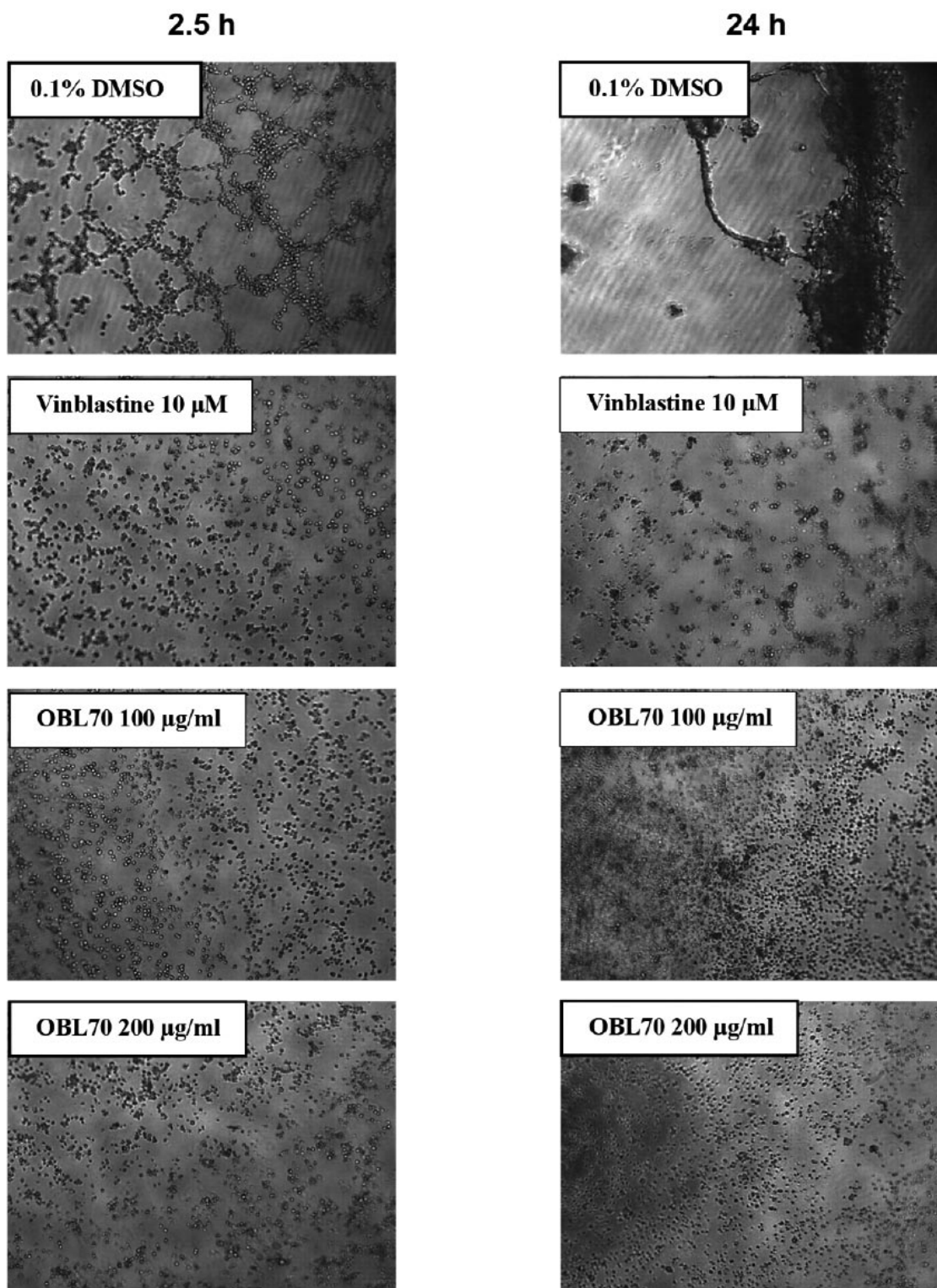


(A) Pictures taken under the inverted microscope at $\times 10$ magnification. (B) number of EA.hy926 invaded Matrigel®/mm² after 24 h treatment with either 200 μ g/ml OBL70, 100 μ g/ml OBL70, 10 μ M vinblastine or 0.1% DMSO as negative control.

(C) Percentage of inhibiting EA.hy926 invasion by OBL70 or vinblastine when normalized in respect to negative control.

★ Indicate significant results ($P \leq 0.05$).

Figure 3. OBL70 inhibits invasion of EA.hy926 Human endothelial cell lines



OBL70 at both concentrations was able to inhibit the tube formation process almost 100% when results are normalized in respect to untreated cells (0.1% DMSO). These results were clear at 2.5 h and 24 h. Pictures were taken under inverted microscope at 20x total magnification power.

Figure 4. Inhibition of EA.hy926 tube formation by OBL70

OBL70 had the capacity to completely prevent tube formation at both tested concentrations (200 and 100 µg/ml) in respect to untreated EA.hy926.

DISCUSSION

This study presents compelling evidence for the antiangiogenic activity of *Ocimum basilicum* ethanolic extract (OBL70) demonstrating its efficacy across multiple in vitro and ex vivo models of angiogenesis. Collectively, the data suggest that OBL70 exerts its effects by selectively targeting endothelial cells (ECs) impeding critical angiogenic processes including proliferation, migration, invasion, neovascularization and tube formation.

The selective cytotoxicity of OBL70 towards EA.hy926 endothelial cells while sparing HT29 colorectal cancer cells indicates a level of cellular specificity. This selectivity may reflect OBL70's interference with endothelial-specific signaling pathways rather than general cytotoxicity highlighting its therapeutic potential as an antiangiogenic agent with minimal off-target toxicity. Given the known anti-inflammatory properties of *O. basilicum*, the extract likely mediates these effects through modulation of the VEGF/VEGFR signaling axis and other inflammation-associated pathways such as NFκB and TNFα, which are central regulators of angiogenesis and tumor progression^{2,12,13}.

The rat aortic ring assay, an ex vivo model that retains the complexity of the vascular microenvironment including pericytes, fibroblasts and extracellular matrix components provided strong confirmation of the in vitro findings. OBL70 inhibited neovascular sprouting by over 77 percent, outperforming the known angiogenesis inhibitor suramin. These results validate the extract's potential for antiangiogenic intervention in a physiologically relevant context aligning with previous findings that emphasized the role of OB extract in modulating vascular responses^{8,14}.

The observed inhibition of EC migration and invasion two fundamental processes required for capillary sprouting and remodeling, further underscores OBL70's impact on angiogenesis. At sub-cytotoxic concentrations OBL70 effectively impaired EC motility suggesting modulation of molecular pathways beyond cell viability. Such effects are often mediated by downregulation of integrins, MMPs and inflammatory mediators like COX2, VEGF and IL1β^{2,15,16}. The sustained inhibitory effect at 100 µg/ml, compared to partial recovery at lower concentrations, could indicate dose-dependent engagement of multiple regulatory pathways or a threshold effect needed to overcome compensatory angiogenic signals.

Moreover, the inhibition of EC invasion through Matrigel a model mimicking extracellular matrix degradation, supports a mechanistic role for OBL70 in interfering with proteolytic enzymes such as MMP2 and MMP9 which are typically regulated by VEGFA/VEGFR2 signaling^{17,18}. The similar inhibitory profile

to vinblastine a known VEGFR2 inhibitor further reinforces this hypothesis¹⁹.

The most striking finding was OBL70's complete inhibition of tube formation in EA.hy926 cells, a hallmark of in vitro angiogenesis. The tube formation assay integrates several steps of the angiogenic cascade including adhesion, migration, alignment, proteolysis, and tube assembly and is highly specific to EC behavior^{16,20}. The absolute inhibition observed mirrors the effect of potent antiangiogenic compounds like catechins, which block VEGFR signaling and associated downstream pathways including PI3K/Akt and IL8 production^{21,22}. OBL70's capacity to suppress these processes suggests the presence of active phytochemical constituents capable of targeting multiple angiogenic regulators concurrently.

Study Limitations

A key limitation of this study is the absence of phytochemical characterization of OBL70. The extract was used in crude form and therefore the specific bioactive constituents responsible for the antiangiogenic effects remain unidentified. Future investigations employing chromatographic and spectrometric techniques are necessary to isolate, identify and quantify the active compounds within the extract.

Furthermore, while the results suggest modulation of angiogenic pathways such as VEGFA/VEGFR2 signaling and matrix metalloproteinase activity these mechanisms were inferred based on phenotypic assays rather than directly validated. Elucidating the underlying molecular targets and signaling cascades through transcriptomic, proteomic or reporter-based analyses would strengthen the mechanistic basis of OBL70's activity and support its development as a targeted antiangiogenic agent.

CONCLUSION

This study presents the first comprehensive evaluation of the anti-angiogenic potential of *Ocimum basilicum* ethanolic leaf extract (OBL70) using both in vitro and ex vivo models. OBL70 demonstrated selective cytotoxicity toward endothelial cells, significantly inhibiting key steps of angiogenesis, including endothelial migration, invasion, and tube formation, as well as sprouting in the rat aortic ring assay. These findings underscore the therapeutic promise of OBL70 as a natural anti-angiogenic agent and warrant further investigation into its molecular mechanisms and in vivo efficacy in the context of solid tumor progression.

REFERENCES

1. Liu ZL, Chen HH, Zheng LL, Sun LP, Shi L. Angiogenic signaling pathways and anti-angiogenic therapy for cancer. *Signal Transduct Target Ther*. 2023 May 11;8(1):198. doi:10.1038/s41392-023-01460-1

2. Afonina IS, Zhong Z, Karin M, Beyaert R. Limiting inflammation—the negative regulation of NF- κ B and the NLRP3 inflammasome. *Nat Immunol.* 2017;18(8):861. doi:10.1038/ni.3772
3. Melincovici CS, Bosca AB, Susman S, Marginean M, Mihu C, Istrate M, et al. Vascular endothelial growth factor (VEGF)-key factor in normal and pathological angiogenesis. *Rom J Morphol Embryol.* 2018;59(2):455–67. PMID: 30173249
4. Lapeyre-Prost A, Terme M, Pernot S, Pointet AL, Voron T, Tartour E, et al. Immunomodulatory activity of VEGF in cancer. In: *International review of cell and molecular biology.* Elsevier; 2017. p. 295–342. doi:10.1016/bs.ircmb.2016.09.007
5. Ohta T, Kato T, Kawakami H, Miyake Y, Goto M, Iwamoto S, et al. Phase II study of 5-fluorouracil-leucovorin plus bevacizumab for chemotherapy-naïve older or frail patients with metastatic colorectal cancer (OGSG 0802). *Int J Clin Oncol.* 2020 Jul 26;25(7):1291–8. doi:10.1007/s10147-020-01656-3
6. Itatani Y, Kawada K, Yamamoto T, Sakai Y. Resistance to Anti-Angiogenic Therapy in Cancer-Alterations to Anti-VEGF Pathway. *Int J Mol Sci.* 2018 Apr 18;19(4). doi: 10.3390/ijms19041232.
7. Wang Z, Dabrosin C, Yin X, Fuster MM, Arreola A, Rathmell WK, et al. Broad targeting of angiogenesis for cancer prevention and therapy. *Semin Cancer Biol.* 2015 Dec;35 Suppl(Suppl):S224–43. doi: 10.1016/j.semcancer.2015.01.001
8. Gamallo JP, Espere G, May D, N Blanes D, G Abuda F, Joy Labarda H, et al. Evaluation of antiangiogenic property of Ocimum basilica ethanolic leaf extract by using duck embryo chorioallantoic membrane (cam) assay and its morphometric analysis. Vol. 22, *International Journal of Herbal Medicine.* 2016. 4(4): 22-26.
9. Nicosia RF, Ottinetti A. Growth of microvessels in serum-free matrix culture of rat aorta. A quantitative assay of angiogenesis in vitro. *Lab Invest.* 1990;63(1):115–22. PMID: 1695694
10. Zihlif M, Afifi F, Abu-Dahab R, Majid AMSA, Somrain H, Saleh MM, et al. The antiangiogenic activities of ethanolic crude extracts of four Salvia species. *BMC Complement Altern Med.* 2013;13(1):358. doi:10.1186/1472-6882-13-358
11. Nambiar DK, Kujur PK, Singh RP. Angiogenesis assays. In: *Cancer Chemoprevention.* Springer; 2016. p. 107–15. doi:10.1007/978-1-4939-3191-0_10
12. Tabana YM, Hassan LEA, Ahamed MBK, Dahham SS, Iqbal MA, Saeed MAA, et al. Scopoletin, an active principle of tree tobacco (*Nicotiana glauca*) inhibits human tumor vascularization in xenograft models and modulates ERK1, VEGF-A, and FGF-2 in computer model. *Microvasc Res.* 2016;107:17–33. doi:10.1016/j.mvr.2016.04.009
13. Baker L, Robinson N, Wilson D, Tabaqchali M, Leaper D. Vascular endothelial growth factor in colorectal cancer pathology, survival and treatment. *Annals of Oncology.* 2019 Oct;30:v12. doi:10.1093/annonc/mdz238.039
14. Baker M, Robinson SD, Lechertier T, Barber PR, Tavora B, D'amico G, et al. Use of the mouse aortic ring assay to study angiogenesis. *Nat Protoc.* 2011;7(1):89. doi:10.1038/nprot.2011.435
15. Li J, Huang L, Zhao H, Yan Y, Lu J. The role of Interleukins in colorectal cancer. *Int J Biol Sci.* 2020;16(13):2323–39. doi:10.7150/ijbs.46651
16. Jana S, Chatterjee K, Ray AK, DasMahapatra P, Swarnakar S. Regulation of matrix metalloproteinase-2 Activity by COX-2-PGE2-pAKT axis promotes angiogenesis in endometriosis. *PLoS One.* 2016 Oct 3;11(10):e0163540. doi:10.1371/journal.pone.0163540
17. Clark JCM, Thomas DM, Choong PFM, Dass CR. RECK—a newly discovered inhibitor of metastasis with prognostic significance in multiple forms of cancer. *Cancer and Metastasis Reviews.* 2007;26(3–4):675–83. doi:10.1007/s10555-007-9093-8
18. Sartor L, Pezzato E, Dell'Aica I, Caniato R, Biggin S, Garbisa S. Inhibition of matrix-proteases by polyphenols: chemical insights for anti-inflammatory and anti-invasion drug design. *Biochem Pharmacol.* 2002;64(2):229–37. doi:10.1016/s0006-2952(02)01069-9
19. Meissner M, Pinter A, Michailidou D, Hrgovic I, Kaprolat N, Stein M, et al. Microtubule-Targeted Drugs Inhibit VEGF Receptor-2 Expression by both Transcriptional and Post-Transcriptional Mechanisms. *Journal of Investigative Dermatology.* 2008;128(8):2084–91. doi:10.1038/jid.2008.37
20. Arnaoutova I, George J, Kleinman HK, Benton G. The endothelial cell tube formation assay on basement membrane turns 20: state of the science and the art. *Angiogenesis.* 2009;12(3):267–74. doi:10.1007/s10456-009-9146-4
21. Rodriguez SK, Guo W, Liu L, Band MA, Paulson EK, Meydani M. Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate, inhibits vascular endothelial growth factor angiogenic signaling by disrupting the formation of a receptor complex. *Int J Cancer.* 2006 Apr;118(7):1635–44. doi:10.1002/ijc.21545.
22. Zhu BH. (-)-Epigallocatechin-3-gallate inhibits growth of gastric cancer by reducing VEGF production and angiogenesis. *World J Gastroenterol.* 2007;13(8):1162–1169. doi:10.3748/wjg.v13.i8.1162

Functional cookies from Ambon banana peel flour: Nutritional content and potential role in preventing preeclampsia

Luhur DIMAS BUDI, Diana FIVI MELVA, Firdaus FIRDAUS

Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Universitas Andalas, Padang, West Sumatra, Indonesia.

Recibido: 20/junio/2025. Aceptado: 18/agosto/2025.

ABSTRACT

Introduction: Preeclampsia is a serious pregnancy complication that poses risks to both the mother and fetus. One promising preventive approach is the use of functional foods to support maternal health, especially through snacks enriched with beneficial nutrients.

Method: This study aimed to analyze the nutritional content of cookies formulated with Ambon banana peel flour (*Musa paradisiaca*) as a functional snack for the prevention of preeclampsia. A Completely Randomized Design (CRD) was used with four formulations: F0 (control, 100g wheat flour), F1 (70g wheat flour + 30g banana peel flour), F2 (60g wheat flour + 40g banana peel flour), and F3 (50g wheat flour + 50g banana peel flour). Nutritional parameters analyzed included moisture, ash, fat, protein, carbohydrates, and calcium.

Result: The study reveals that using banana peel flour as a substitute for wheat flour in cookies production affects its nutritional composition. The moisture content increased from 10.19^a to 11.93^d, ash content rose from 2.03^a to 4.77^d, fat content increased from 13.63^a to 14.40^d, and calcium levels grew from 76.119^a to 91.821^d as the proportion of banana peel flour increased. On the other hand, protein content decreased from 12.61^a to 10.87^d, and carbohydrates declined from 61.54^a to 58.04^c. These changes demonstrate that substituting wheat flour with banana peel flour influences the nutritional value of the resulting cookies.

Conclusion: Cookies with Ambon banana peel flour resulted in significant micronutrient enhancement, most notably

in calcium levels. Scientific evidence indicates that maintaining sufficient calcium consumption (1200-1400 mg daily) during pregnancy may lower preeclampsia risk by modulating vascular tension. The developed product (Formulation F2) containing 84.171 mg/kg of calcium shows promise as a dietary intervention for preeclampsia mitigation, particularly beneficial for populations with inadequate calcium intake

KEYWORDS

Calcium, Food technology, Functional food, macronutrients.

INTRODUCTION

Preeclampsia is a pregnancy disorder characterized by the onset of hypertension (blood pressure $\geq 140/90$ mmHg) and proteinuria (≥ 0.3 g in 24-hour urine) after 20 weeks of gestation in previously normotensive women. This condition can progress to a more severe form accompanied by symptoms such as severe headache, visual disturbances, epigastric pain, elevated liver enzymes, low platelet count, or impaired kidney function^{1,2}.

The Data of World Health Organization (WHO), approximately 2–8% of all pregnancies experience preeclampsia³. The Indonesian Health Survey (SKI) data show the highest blood pressure screening rate in Bali (100%) and the lowest in the Papua Highlands (80.3%), with a national average of 99.0%. Based on age groups, the lowest screening rate was among those aged 15–19 years (93.7%) and the highest among those aged 10–14 years. For adolescents aged 10–19 years, the rate was 93.8%, and for women of reproductive age (15–49 years), it was 99.0%. Additionally, the highest proportion of women aged 10–54 years who received complete ANC components according to standards (10 T) during pregnancy was in Bali (87.9%), while the lowest was in North Sumatra (17.4%)⁴.

Correspondencia:

Diana Fivi Melva
fividiana0503@ph.unand.ac.id

Risk factors for preeclampsia include various obstetric and medical conditions such as first-time pregnancy (nulliparity), multiple pregnancies, obesity, chronic hypertension, diabetes, kidney disease, and a family history of preeclampsia. Moreover, dietary patterns play a significant role; low intake of antioxidants, fiber, vitamin C, and micronutrients such as calcium and magnesium, along with a high sodium-to-potassium ratio, has been associated with an increased risk of preeclampsia⁵. High sodium intake is a significant risk factor for hypertension⁶.

Preeclampsia is one of the most feared pregnancy complications. It often appears as new-onset hypertension with proteinuria in the third trimester and can quickly progress into serious complications, including maternal and fetal death. Women with a history of preeclampsia are at increased risk of cardiovascular disease (CVD) and dementia later in life, including fatal acute myocardial infarction⁷.

Management solutions for preeclampsia include dietary modifications such as increasing the consumption of fruits and vegetables (≥ 400 g/day), plant-based foods, vegetable oils, and limiting foods high in fat, sugar, and salt. A high-fiber diet (25–30 g/day) can help reduce dyslipidemia, lower blood pressure, and alleviate inflammation. Other important nutrients that may help reduce the risk of preeclampsia include increased calcium intake, daily multivitamin/mineral supplements, and sufficient vitamin D status. Dietary factors that play a role in reducing the risk of preeclampsia include maternal body weight, fiber, prebiotics, dietary patterns, vitamin D (RDA 15 $\mu\text{g/day}$), calcium (RDA 1000 mg/day), selenium (RDA 60 $\mu\text{g/day}$), multivitamins and multiminerals, and body mass index⁵.

Previous studies have shown that food products enriched with banana peel exhibit improved nutritional value and functional properties compared to conventional foods. The use of banana peel has several positive impacts: first, it benefits the environment by utilizing by-products from food processing; second, it provides new perspectives for consumers and producers in developing value-added food products⁸.

Manulu and Srimiati also demonstrated that cookies made from kepok banana peel flour can be used to produce nutritious cookies. 50% substitution of wheat flour with kepok banana flour was the best formulation preferred by panelists⁹.

Bananas are widely favored by consumers for their rich nutritional profile. Despite this, banana peels are often treated as waste and discarded. In reality, banana peels are a valuable source of nutrients such as proteins, carbohydrates, fats, moisture, ash (minerals), starch, dietary fiber, essential fatty acids, amino acids, and antioxidants. They also contain a wide array of bioactive compounds, including phenolic substances like flavonoids, as well as phlorotannins, alkaloids, glycosides, anthocyanins, terpenoids, and various carotenoids such as

lutein, alpha-carotene, and beta-carotene. These compounds are associated with a range of biological and pharmacological effects, including antibacterial, antihypertensive, antidiabetic, and anti-inflammatory activities^{10,11}.

Plant-derived bioactive compounds produced through secondary metabolism are known for their significant therapeutic potential, primarily due to their antioxidant properties. Among these, phenolic compounds and carotenoids are prominent phytochemicals commonly found in fruits and vegetables, and are strongly linked to health benefits¹².

Given these advantages, investigating the development of functional cookies using *Ambon banana peel flour* is important. This research aims to assess the nutritional composition of such cookies and evaluate how it aligns with the dietary requirements of pregnant women, providing a scientific foundation for developing functional foods aimed at preventing preeclampsia.

METHODE

Study Design, Location, and Timeline

This experimental study utilized a Completely Randomized Design (CRD) for cookie formulation. It was conducted from May to November 2024 at Universitas Andalas (Culinary Laboratory, Nutrition Department; Animal Product Technology Laboratory; Faculty of Engineering). This research used informed consent.

Materials and Tools

The main ingredients used in the cookie formulations were wheat flour, margarine, sugar, eggs, and Ambon banana peel flour. Ambon banana peel flour is produced by drying and grinding the peels of Ambon bananas into a fine powder.

The equipment used in the preparation process included stainless steel bowls, pans, cutting boards, knives, blenders, strainers, plastic spatulas, measuring spoons and cups, weighing scales, paper towels, oil filters, frying pans, cooking spatulas, thermometers, packaging materials, and cookie molds. For the nutritional analysis, additional tools such as porcelain crucibles, desiccators, tongs, ovens, analytical balances, sieves, ashing furnaces, Kjeldahl flasks, Soxhlet extractors, electric heaters, and filter papers were utilized. The formulations used in the study (Table 1).

Preparation of Ambon Banana Peel Flour

The process of preparing Ambon banana peel flour involves several sequential steps. First, the peels are cleaned under running water to remove any impurities and then cut into small pieces (around 1×0.5 cm) to accelerate the drying process. After slicing, the peels are soaked for 15 minutes in a sodium metabisulfite solution, which helps prevent enzymatic browning and maintains the peel's color and

quality. Drying is then performed using a food dehydrator set to 60°C for about 6 hours, or until the moisture content drops to a desired level a method proven to effectively preserve ingredient quality. After drying, the peels are ground using a flour mill and sieved to obtain a fine, consistent powder using an 80-mesh screen^{13,14}. Finally, the flour yield is calculated by comparing the weight of the flour produced to the original weight of the fresh peels, using the following formula:

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Weight of flour}}{\text{Weight of fresh banana peel}} \times 100$$

Formulation of Ambon Banana Peel Flour Cookies

The experimental design included four treatment levels: F0, F1, F2, and F3. Each formulation incorporated banana peel flour at varying concentrations 0% for F0, 30% for F1, 40% for F2, and 50% for F3⁹. Following the production of the cookies, organoleptic tests were conducted, focusing on hedonic quality to assess sensory characteristics such as color, aroma, taste, and texture. Nutritional analysis was also performed using proximate methods to evaluate the levels of carbohydrates, protein, fat, and calcium in the Ambon banana peel flour cookies. For the product to be classified as a calcium source, it must meet at least 15% of the Recommended Dietary Allowance (RDA), which equates to 567.45 mg of calcium per 100 grams of cookies¹⁵. The composition of each formulation is shown in Table 1.

The cookie samples were subjected to a hedonic sensory evaluation involving 30 semi-trained panelists, all of whom were nutrition students from the Faculty of Public Health at Universitas Andalas. Panelists were selected based on specific criteria: they had to be in good health, not experiencing hunger at the time of testing, and willing to participate in the sensory assessment. A 7-point hedonic scale was used, where a score of 1 represented strongly dislike and 7 represented strongly like¹⁶. After the sensory testing, the cookies were analyzed for their nutritional content.

Nutrient Analysis

The evaluation of nutrients in food products is carried out through proximate analysis. This includes the measurement of moisture, ash, fat, protein, carbohydrates, and calcium contents.

a. Moisture

Moisture content in the sample was determined using the gravimetric oven-drying method at 105 °C. The sample was first weighed, then dried in an oven at 105 ± 2 °C for 4 to 6 hours or until a constant weight was achieved. This method is based on the principle that water in the sample evaporates during heating, and the reduction in weight reflects the moisture content¹⁷. The moisture content was calculated using the following formula:

$$\text{Moisture (\%)} = \frac{\text{Initial weight} - \text{Final weight}}{\text{Initial weight}} \times 100$$

Table 1. Cookies Formula with Ambon Banana Peel Flour

Ingredients (g)	Treatment			
	F0 (0%)	F1 (30%)	F2 (40%)	F3 (50%)
Ambon banana peel flour	0	30	40	50
Wheat flour*	100	70	60	50
Cornstarch	10	10	10	10
Egg yolk	35	35	35	35
Butter	30	30	30	30
Granulated sugar	50	50	50	50
Milk chocolate bar	15	15	15	15
Baking Powder	1	1	1	1
Skim milk powder	50	50	50	50
Total	291	291	291	291

*Banana peel flour is a substitute for wheat flour. F0 (control – 100g wheat flour), F1 (70g wheat flour + 30g banana peel flour), F2 (60g wheat flour + 40g banana peel flour), and F3 (50g wheat flour + 50g banana peel flour).

b. Ash

Ash content was determined by incinerating the sample in a muffle furnace at 550 °C. The sample was first dried and then incinerated at high temperature until all organic matter was completely decomposed, leaving only inorganic residue as ash. This method measures the total mineral content in food by complete combustion¹⁷. Ash content was calculated as:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100$$

c. Fat

Fat content was measured using the Soxhlet extraction method, a standard technique for determining total fat in food. Fat was continuously extracted from the sample using a non-polar solvent such as petroleum ether or n-hexane for 6 to 8 hours. The sample was placed in a thimble, and the solvent was repeatedly vaporized and condensed to wash over the sample. After extraction, the solvent was evaporated, and the remaining fat was weighed¹⁷. Fat content was calculated using:

$$\text{Fat (\%)} = \frac{\text{Fat weight}}{\text{Sample weight}} \times 100$$

d. Protein

Protein content was analyzed based on nitrogen determination. Nitrogen in the sample was converted to ammonium sulfate, distilled into ammonia, and titrated. The nitrogen content was then multiplied by a conversion factor (typically 6.25) to estimate total protein¹⁷. The formula used was:

$$\text{Protein (\%)} = \text{Nitrogen content} \times 6.25$$

e. Carbohydrates

Carbohydrates were calculated indirectly by the difference method, subtracting the sum of other components (moisture, ash, protein, fat, and crude fiber) from 100% (AOAC, 2019)¹⁷:

$$\text{Carbohydrates (\%)} = 100 - (\text{Moisture} + \text{Ash} + \text{Protein} + \text{Fat} + \text{Fiber})$$

f. Calcium

Calcium concentration (Ca) was measured using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The sample was digested (via dry or wet ashing), then atomized in a flame, and absorbance was measured at a calcium-specific wavelength (~422.7 nm). The absorbance was compared to a calcium standard curve¹⁷.

Data Analysis

The normality of the data was assessed using the Shapiro-Wilk test, with a p-value greater than 0.05 indicating a nor-

mal distribution. Nutritional composition data were then analyzed using a One-Way ANOVA, followed by Duncan's multiple range test for post hoc comparisons¹⁸. All tests used $\alpha = 0.05$ and SPSS v26. The workflow is shown in Figure 1.

RESULT

Physical Characteristics of Ambon Banana Peel Flour

The Ambon banana peel flour analyzed in this study was assessed for its suitability as a functional component in the formulation of food products. The flour demonstrated a smooth texture with consistently sized particles, attributed to efficient drying and grinding methods. Its color varied from light to yellowish brown, a characteristic that could influence the visual appeal of end products like cookies. Ambon Banana peel Flour (Figure 2)

Characteristics of Cookies Made with Ambon Banana Peel Flour

Cookies were prepared using varying levels of wheat flour substitution with Ambon banana peel flour, specifically at 0%, 30%, 40%, and 50%. The results indicated that using 40% and 50% substitution levels led to a darker brown coloration and a firmer texture in the cookies (Figure 3).

Nutritional Analysis of Cookies with Ambon Banana Peel Flour

Incorporating Ambon banana peel flour resulted in a notable increase in the levels of moisture, ash, fat, and calcium in the cookie formulation. Detailed nutrient analysis results are provided in Table 2.

The F3 formulation showed the highest levels of moisture, ash, fat, and calcium, while F0 had the lowest levels of these nutrients. Conversely, protein and carbohydrate contents were highest in F0 and lowest in F3. A significant correlation was observed between the substitution of wheat flour with banana peel flour and the contents of moisture, ash, fat, and calcium ($p < 0.05$). The substitution also led to significant differences in the nutritional composition of the cookies.

Comparative Analysis of Nutrient Content in the Best Banana Peel Flour Cookie Formulation (F2)/100 g with SNI (Indonesian National Standard) and RDA (Recommended Dietary Allowance)

The F2 formulation complies with the SNI standards for fat and protein content. Additionally, it provides at least 10% of the Recommended Dietary Allowance (RDA) for protein, fat, and carbohydrates for women in their first trimester of pregnancy¹⁹. The evaluation focuses on essential nutrient parameters, including protein, fat, carbohydrates, calcium, moisture, and ash content (Table 3).

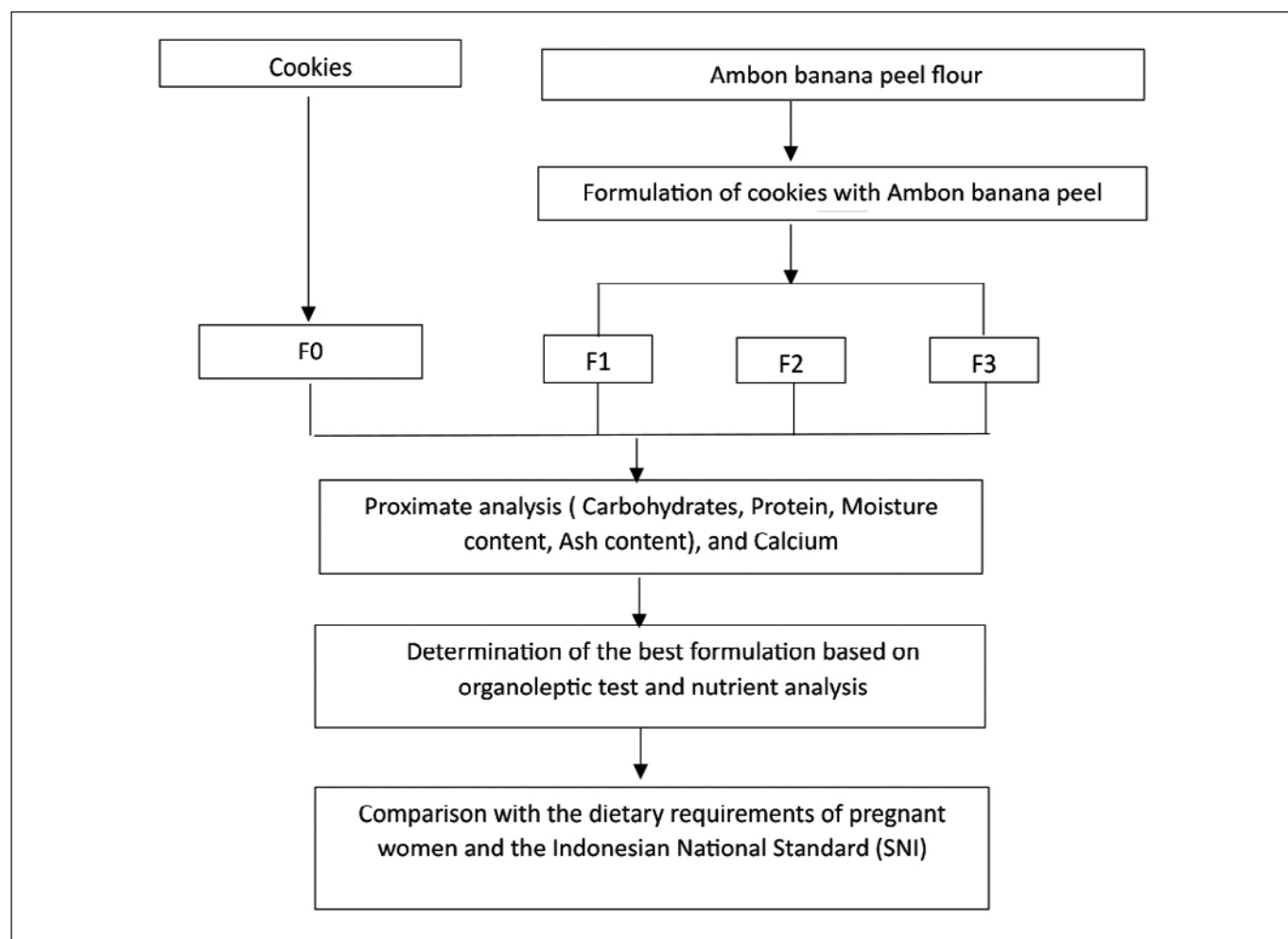


Figure 1. Research Flow Diagram

Table 2. Results of Nutritional Content Analysis of Cookies with Ambon Banana Peel Flour

Parameter	Treatment Levels				Sig (p)*
	F0	F1	F2	F3	
Moisture (%)	10.190 ^a	11.890 ^b	10.860 ^c	11.930 ^d	0.0001
Ash (%)	2.030 ^a	3.600 ^b	4.460 ^c	4.770 ^d	0.0001
Fat (%)	13.630 ^a	13.850 ^b	14.040 ^c	14.400 ^d	0.0001
Protein (%)	12.610 ^a	11.460 ^b	11.250 ^c	10.870 ^d	0.0001
Carbohydrate (%)	61.540 ^a	59.210 ^b	59.400 ^b	58.040 ^c	0.0001
Calcium (mg/kg)	76.119 ^a	77.047 ^b	84.171 ^c	91.821 ^d	0.0001
Total	176.110	177.050	184.180	191.830	

F0 = standard formula (100 g wheat flour), F1 = 70 g wheat flour + 30 g banana peel flour, F2 = 60 g wheat flour + 40 g banana peel flour, and F3 = 50 g wheat flour + 50 g banana peel flour.

*ANOVA test showed a significant difference (p-value < 0.05).

Superscript letters (a, b, c, d) that differ indicate statistically significant differences at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

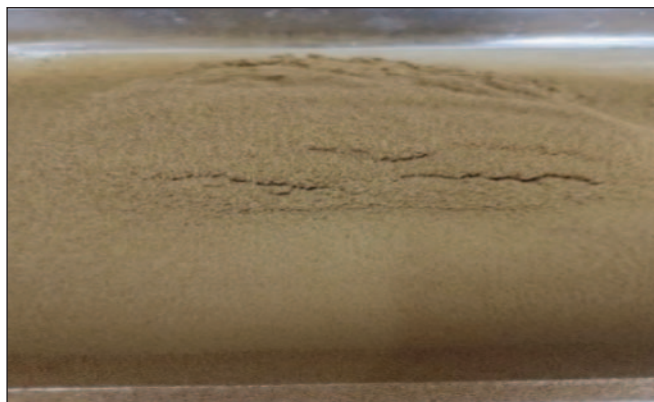


Figure 2. Ambon Banana Peel Flour

DISCUSSION

Physical Characteristics of Ambon Banana Peel Flour

Banana peel flour was chosen due to its rich content of dietary fiber, essential minerals like calcium and potassium, and high levels of antioxidant bioactive compounds. These components are believed to support nutritional improvement and help lower the risk of hypertension in pregnant women^{8,10,11}.

The flour obtained in this study featured a smooth texture, a characteristic aroma of Ambon banana, and a light brown hue (Figure 2). 1,810 grams of Ambon banana peel were processed into 442 grams of flour, resulting in a yield of 15.7%.

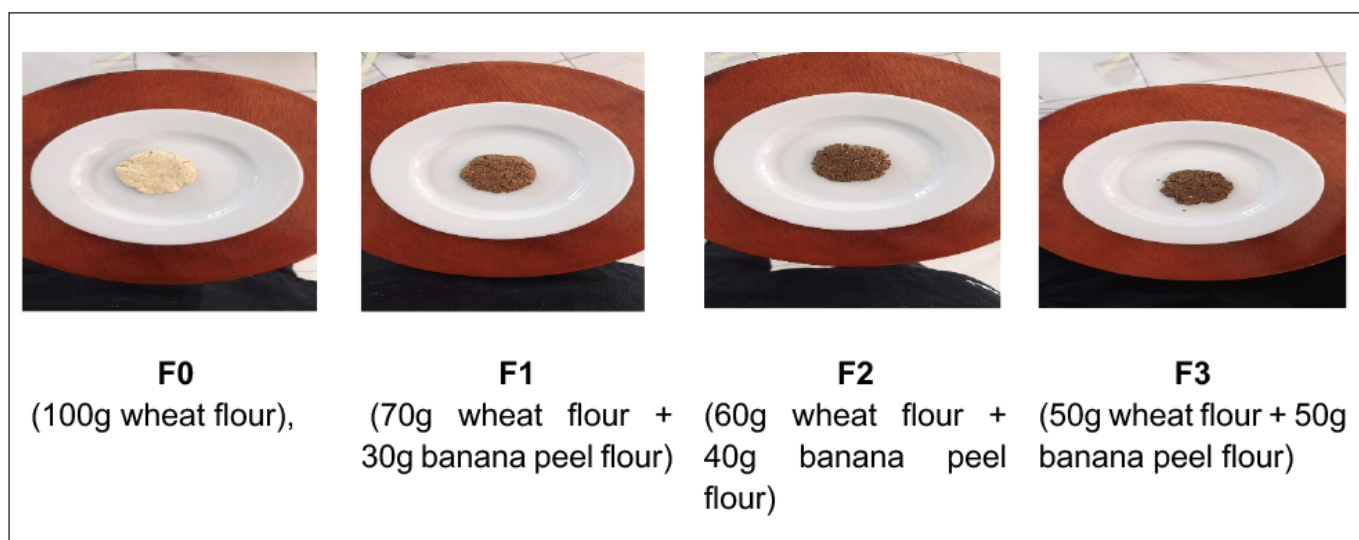


Figure 3. Cookies with Ambon Banana Peel Flour

Table 3. Presents a comparison between the best formulation of cookies made with banana peel flour (F2) with SNI 2973-2011, and RDA for pregnant women

Parameter	F2	SNI		Pregnant Women's Nutritional Requirements 10% RDA			
		Requirements (%)	Description	T1	T2	T3	Description
Moisture (%)	10,86	Maks 5	Not suitable	-	-	-	-
Ash (%)	4,46	Maks 1,6	Not suitable	-	-	-	-
Fat (g)	14,04	Min 5	suitable	6,73	6,73	6,73	suitable
Protein (g)	11,25	Min 9,5	suitable	6,1	7	9	suitable
Carbohydrate (g)	59,40	Min 70	Not suitable	38,5	40	40	suitable
Calcium (mg/kg)	84,171	-	-	120	120	120	Not suitable

F2 (60g wheat flour + 40g banana peel flour). T1 = pregnant women in the first trimester.

Conversely, Rahayu and Hudi found that the average yield of kepok banana flour ranged from 34.61% to 35.56¹⁴. Producing banana flour serves to maximize the potential of bananas as a local carbohydrate source, contributing to food security, while also promoting banana-based flour products to the commercial market as an alternative to wheat flour for making cookies, bread, and other baked goods²⁰.

Characteristics of Cookies Made with Ambon Banana Peel Flour

Variations in the nutritional composition are strongly influenced by the chemical properties and functional attributes of banana peel. This ingredient serves as an alternative source that is rich in fiber and minerals, as shown in Table 2.

These results align with previous findings on sweet buns where wheat flour was partially replaced with banana peel flour, showing notable changes in both physical and chemical properties, particularly at substitution levels of 5% and 10%. The inclusion of banana peel flour (BPF) led to increased levels of minerals and crude fiber, due to its naturally higher ash and fiber content compared to wheat flour. Consequently, the texture of the buns became denser, as the higher fiber content absorbed more moisture and created a firmer dough during baking²¹.

Furthermore, buns with BPF substitution exhibited a darker color than the control samples. This was attributed to the natural pigments in the banana peel and the Maillard reaction during the baking process. The resulting color leaned toward a deep reddish-yellow, which is characteristic of BPF. This visual change became more pronounced at the 10% substitution level. Although the nutritional quality improved, these changes in appearance and texture are crucial considerations for ensuring consumer acceptance²¹. The nutritional content analysis of Ambon banana peel flour cookies is presented in Table 2.

Nutritional Analysis of Cookies with Ambon Banana Peel Flour

Incorporating Ambon banana peel flour into the cookie formulation significantly influenced the nutritional profile of the final product. Moisture, ash, fat, and calcium levels increased, while protein and carbohydrate levels decreased (Table 2).

Moisture Content

The moisture content observed in this study increased with higher levels of Ambon banana peel flour, reaching 11.93% in F3 and 10.19% in F0. These findings differ from those of Nur and Naemaa, whose study on bread made with banana peel flour as a wheat flour substitute showed a decrease in moisture content from 9.28 ± 1.70^a to 6.55 ± 1.17^a ²¹.

The variation in moisture content of banana peel flour may be attributed to differences in the banana cultivars used.

Moisture content is a critical factor in food products as it influences various characteristics, including density, viscosity, shelf life, as well as taste, texture, and appearance. Additionally, lower moisture content helps prevent microbial growth by inhibiting enzymatic activity and microbial development. According to Alam *et al.* maintaining flour moisture content below 14% is effective in suppressing microbial growth, thereby enhancing product stability and extending shelf life—particularly for dry ingredients like flour²².

Ash Content

The ash content increased steadily across all formulations, with the highest value recorded in F3 (4.77%) and the lowest in F0 (2.03%). These results are consistent with those reported by Liyana and Naemaa, who found that the ash content increased significantly from $2.41 \pm 0.53b$ to $8.37 \pm 0.27a$ in bread where banana peel flour was used to replace wheat flour.

Ash content in flour refers to the amount of mineral residue left after combustion at high temperatures. Generally, a higher ash level indicates that the flour has undergone minimal refinement and retains more bran, serving as a marker of both flour purity and milling efficiency. It also signifies the presence of various anatomical parts of the grain, such as the germ, bran, and endosperm²³. Consequently, banana peel flour is inferred to have a greater mineral concentration than wheat flour.

Fat Content

Fat content increased incrementally as more banana peel flour was incorporated, ranging from 13.63% in F0 to 14.40% in F3. These results are consistent with the findings of Manulu and Srimati, who reported that substituting wheat flour with banana peel flour significantly increased the fat content of cookies, from 24.25 to 25.52. This increase is attributed to the higher fat content in fresh Ambon bananas, which are processed into banana peel flour, compared to the fat content in wheat flour⁹.

Protein Content

A decline in protein content was observed with increased banana peel flour, dropping from 12.61% in F0 to 10.87% in F3. Further supporting evidence comes from research by Manulu and Srimati, which documented a reduction in protein levels from 5.53 to 5.12 in cookies where banana peel flour replaced wheat flour⁹. This nutritional difference stems from the contrasting protein contents between wheat flour and Ambon banana flour.

The observed decrease aligns with the inherent nutritional profiles of these ingredients, where wheat flour naturally contains significantly higher protein levels compared to banana-based alternatives. This substitution effect highlights the im-

portance of considering nutritional trade-offs when modifying traditional baking ingredients.

Carbohydrate Content

This reduction is attributed to the decreased proportion of wheat flour, a major source of carbohydrates. Wheat flour typically contains a high level of carbohydrates, around 73–76% of its dry weight²⁴. When part of the wheat flour is substituted with banana peel flour, the overall carbohydrate content in the product tends to decline. This is because banana peel flour has higher levels of crude fiber and ash (minerals), but lower starch content—the primary form of carbohydrates. As a result, increasing the proportion of banana peel flour generally leads to a decrease in the carbohydrate content of the cookies.

Carbohydrate levels showed a downward trend, declining from 61.54% in F0 to 58.04% in F3. These findings contrast with those of Manulu and Srimati, who observed a notable rise in carbohydrate content, increasing from 66.24 to 66.60, in cookies where wheat flour was partially replaced with banana peel flour⁹.

Calcium Content

Calcium concentration increased in line with higher levels of banana peel flour, reaching 91.821 mg/100 g in F3 and 76.119 mg/100 g in F0. Nur and Naemaa also observed a comparable outcome, where replacing wheat flour with banana peel flour in bread led to an increase in calcium content, rising from 41±0.89b to 101.5±0.82a. This higher calcium level in the banana peel flour (BPF)-substituted bread is likely attributed to the greater mineral content of banana peel flour relative to that of wheat flour²¹.

Comparative Analysis of Nutrient Content in the Best Banana Peel Flour Cookie Formulation (F2)/100 g with SNI (Food Quality Regulations) and RDA (Recommended Dietary Allowance)

Nutritional evaluation of the optimized cookie formulation (F2), incorporating Ambon banana peel flour, demonstrated that its fat and protein contents comply with the quality standards outlined in SNI²⁵. Based on RDA, pregnant women require approximately 70–90 g of protein per day, with snacks ideally contributing 10–20 g, or around 15–20% of the total daily intake¹⁹. One batch of F2 dough (291 g) produced 19 cookies. A 100 g serving of these cookies contains roughly eight pieces, each with a diameter of approximately 6 cm. It was calculated that consuming 4.34 cookies would sufficiently meet the protein requirements of women in their first trimester of pregnancy. This suggests that the F2 cookies have strong potential to function as a nutritionally supportive snack for expectant mothers.

CONCLUSION AND SUGGESTION

The banana peel flour-based cookie formulation provides sufficient levels of calcium, protein, carbohydrates, and fat to help fulfill the nutritional demands of pregnancy. Its protein and fat composition adheres to existing food quality regulations (SNI). With a well-balanced nutrient profile, these cookies may contribute to improved maternal nutrition and potentially aid in reducing the risk of preeclampsia. Sensory evaluation also confirmed that the product was generally well-received by panelists, reinforcing its viability as a functional food option for pregnant women.

Including approximately 4.34 cookies in the daily diet may support first-trimester protein intake when consumed as a functional snack. Continued research and development are recommended, focusing on enhancing nutritional value, ensuring formulation stability, and improving consumer acceptability, to enable broader use of this product as a maternal health-supportive food innovation.

REFERENCES

- [ACOG] American College of Obstetricians and Gynecologists. Practice bulletin no. 202 summary: gestational hypertension and preeclampsia. *Obstetrics and Gynecology*. 2019;133: 211-214.
- [WHO] World Health Organization. *WHO Recommendations for Prevention and Treatment of Pre-eclampsia and Eclampsia*. Geneva: WHO; 2011. ISBN 9789241548335.
- [WHO] World Health Organization. *Maternal and Perinatal Health Estimates 2025*. Geneva: WHO; 2025.
- [Kemenkes] Kementerian Kesehatan RI. *Survei Kesehatan Indonesia (SKI)*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2023.
- Perry A, Stephanou A, Rayman MP. Dietary factors that affect the risk of pre eclampsia. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*. 2022;5:e000399. doi:10.1136/bmjnp-2021-000399
- Yolanda A, Diana FM, Arza PA. The risk factors of sodium, potassium intake, and physical activity on hypertension in the elderly. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2024;44(3):30-37. doi:10.12873/443diana
- Rana S, Lemoine E, Granger JP, Ananth CV. Preeclampsia: pathophysiology, challenges, and perspectives. *Circulation Research*. 2019;124(7):1094-1112. doi:10.1161/CIRCRESAHA.118.313276
- Zaini HM, Roslan J, Saallah S, Munsu E, Sulaiman NS, Pindi W. Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *Journal of Functional Foods*. 2022;92: 105054. doi:10.1016/j.jff.2022.105054
- Manulu DVE, Srimati M. Pemanfaatan tepung kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* Linn) dalam pembuatan cookies. *Binawan Student Journal*. 2020;2(1):226-230.
- Ansari NAI.M, Ramly N, Faujan NH, Arifin N. Nutritional content and bioactive compounds of banana peel and its potential utiliza-

- tion: a review. *Malaysian Journal of Science, Health & Technology*. 2023;9(1):1-15. doi:10.33102/mjosht.v9i1.313
11. Pereira MAF, Monteiro CRM, Pereira GN, Júnior SEB, Zanella E, Ávila PF, Poletto P. Deconstruction of banana peel for carbohydrate fractionation. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 2021;44(2):297-306.
 12. Singh JP, Kaur A, Shevkani K, Singh N. Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten-free eggless rice muffins. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015;50(5):1190-1197.
 13. Safitri PE, Pratiwi AR, Lestari LA, Wati DA, Febriani W. Pengaruh metode pembuatan tepung kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* Linn) terhadap sifat kimia. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 2023;22(1):1-10. doi:10.33508/jtpg.v22i1.4085
 14. Rahayu MA, Hudi L. The effect of blanching time and sodium metabisulfite concentration on the characteristics of banana flour (*Musa paradisiaca*). *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*. 2019;2(2). doi:10.21070/jtfat.v2i02.1585
 15. [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan*. Jakarta: BPOM; 2022.
 16. Setyaningsih D, Apriyantono A, Sari MP. *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Bogor: IPB Press; 2010.
 17. [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Washington, DC: AOAC International; 2005.
 18. Mattjik AA, Sumertajaya IM. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Mintab*. Bogor: IPB Press; 2013.
 19. [Kemenkes] Kementerian Kesehatan RI. *Tabel Angka Kecukupan Gizi (AKG) Tahun 2019*. Jakarta: Direktorat Gizi Masyarakat, Kementerian Kesehatan RI; 2019.
 20. Nuroso A. Studi Pembuatan Tepung Pisang. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2012;1(2):1-9.
 21. Nur Liyana A, Naemaa M. Effects of banana peel flour (*Musa paradisiaca* AAB (sub-group Pisang Nangka)) substitution on physicochemical and sensory properties of bun. *Food Research*. 2025; 8(Suppl. 8):22-33. doi:10.26656/fr.2017.8(S8).5
 22. Alam MJ, Akter S, Afroze S, Islam MT, Sayeem EH. Development of fibre and mineral enriched cookies by utilization of banana and banana peel flour. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2020;10(3):329-334. doi:10.15414/jmbfs.2020.10.3.329
 23. Czaja T, Sobota A, Szostak R. Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods*. 2020;9(3):980. doi:10.3390/foods9030280
 24. [BSN] Badan Standardisasi Nasional. *SNI 3751:2009 Tepung Terigu sebagai Bahan Pangan*. Jakarta: BSN; 2009.
 25. [BSN] Badan Standardisasi Nasional. *SNI 2973:2011 – Biskuit: Persyaratan Mutu dan Pengujian*. Jakarta: BSN; 2011.

Crecimiento físico y dimorfismo sexual en escolares de diferentes zonas sanitarias de Tucumán (Argentina)

Physical growth and sexual dimorphism in schoolchildren from different health districts of Tucumán (Argentina)

María Laura CORDERO¹, María Dolores MARRODÁN SERRANO²

1 Instituto de Investigaciones Territoriales y Tecnológicas para la Producción del Hábitat (INTEPH), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

2 Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución. Grupo de Investigación EPINUT-UCM. Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid.

Recibido: 19/agosto/2025. Aceptado: 20/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: El patrón de crecimiento humano muestra un dimorfismo sexual cuya variabilidad poblacional responde a aspectos biológicos, factores genéticos y cambios hormonales en un contexto socioambiental determinado. Comprender cómo estos agentes interactúan a nivel territorial es esencial para identificar inequidades en salud en poblaciones infantiles.

Objetivo: Este manuscrito pretende identificar diferencias sexuales en el crecimiento físico en escolares de Tucumán (Argentina), pormenorizando en las variaciones de la expresión dimórfica del tamaño corporal de acuerdo a la zona sanitaria de residencia.

Material y métodos: Este estudio transversal analizó datos antropométricos de 14.608 escolares de entre 5 y 12 años. El peso, la talla y el índice de masa corporal fueron medidos siguiendo procedimientos estandarizados. Se calcularon índices de dimorfismo sexual y se compararon entre zonas sanitarias central y periférica. La significación estadística se evaluó mediante la prueba U de Mann-Whitney.

Resultados: En general, las niñas presentaron mayor tamaño corporal entre los 10 y 12 años, subrayando el modelo

del patrón auxológico en la pubertad, mas precoz en el sexo femenino. El dimorfismo sexual fue más atenuado en los escolares residentes en la zona sanitaria periférica donde se reportan las condiciones socioeconómicas más precarias.

Conclusiones: La intensidad del dimorfismo durante el crecimiento infantil se revela como un indicador sensible de las disparidades territoriales en salud. Los hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto los determinantes biológicos como los sociales en el diseño de políticas orientadas a reducir las desigualdades en la salud infantil.

PALABRAS CLAVE

Crecimiento humano; desigualdades en salud; tamaño corporal; biología y género; Latinoamérica.

Abstract

Background: Human growth patterns display marked sexual dimorphism, the magnitude of which is shaped by the interplay of biological, genetic, and hormonal factors, all embedded within specific socio-environmental contexts. Understanding how these factors interact at the territorial level is essential for identifying health inequities in child populations.

Objective: To investigate sex differences in physical growth among schoolchildren in Tucumán, Argentina, and to explore how the expression of sexual dimorphism in body size varies according to the health district of residence.

Methods: This cross-sectional study analyzed anthropometric data from 14,608 schoolchildren aged 5–12 years.

Correspondencia:

María Dolores Marrodán Serrano
marrodan@ucm.es

Weight, height, and body mass index were measured following standardized procedures. Sexual dimorphism indices were calculated and compared between central and peripheral health districts. Statistical significance was assessed using the Mann–Whitney U test.

Results: In general, girls exhibited larger body size between 10 and 12 years of age, underlining the auxological pattern at puberty, which was earlier in girls. The magnitude of sexual dimorphism was lower among children from peripheral health district, which are characterized by the most adverse socioeconomic conditions.

Conclusions: The assessment of sexual dimorphism in childhood growth provides a sensitive indicator of territorial health disparities. These findings underscore the importance of considering both biological and social determinants in the design of policies aimed at reducing inequities in child health.

KEYWORDS

Human growth; health inequities; body size; biology and gender; Latin America.

ABREVIATURAS

ZS: Zona sanitaria.

ZSC: Zona sanitaria centro.

ZSE: Zona sanitaria este.

ZSO: Zona sanitaria oeste.

ZSP: Zona sanitaria periférica.

P: Peso.

T: Talla.

IMC: Índice de Masa Corporal.

DS: Dimorfismo Sexual.

PROSANE: Programa Nacional de Salud Escolar.

M: Media.

DE: Desviación estándar.

DM%: Diferencias porcentuales entre medias.

NGA: Norte Grande Argentino.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento humano es un proceso determinado genéticamente y modulado por factores ambientales, cuya exploración trasciende el interés clínico, ya que permite dar cuenta de las condiciones de bienestar, las desigualdades sociales y los cambios seculares de las poblaciones humanas¹. Estudios en diferentes periodos históricos destacan la pertinencia del empleo de variables biológicas tales como la estatura, el

peso, el índice de masa corporal (IMC) o la esperanza de vida, como indicadores de salud, nutrición, desarrollo social y económico².

Durante el crecimiento, niñas y niños exhiben diferencias conocidas como dimorfismo sexual (DS), que se expresa en el tamaño, la forma y la composición corporal³ y que responde a componentes genéticos y cambios hormonales⁴. La etapa escolar se caracteriza por ser inicialmente un período de crecimiento lento, seguido por una fase en la que aumentan rápidamente el peso y la talla. Este proceso, conocido como "estirón puberal" es más precoz en el sexo femenino que en el masculino, si bien en los varones el pico de velocidad es más intenso y prolongado. Dicho proceso es responsable de que, en la edad adulta, los hombres alcancen una estatura mayor que las mujeres⁵.

Las investigaciones con perspectiva histórica son cruciales para avanzar en el conocimiento de la diferente respuesta que niños y niñas tienen frente a los estresores socioambientales y las condiciones de bienestar y como ello determina finalmente el DS en los grupos humanos. Aunque algunas investigaciones han puesto de relieve la mayor ecoestabilidad femenina en edades tempranas⁶, la literatura predominante remite a poblaciones adultas⁷⁻¹⁰, siendo escasa la evidencia disponible en países en desarrollo y específicamente durante el periodo escolar.

Por otra parte, es sabido que características ligadas al estrato socioeconómico y el grado de urbanización, pueden modular el patrón de crecimiento. Por ejemplo, se afirma que los niños y niñas de las ciudades crecen más deprisa, maduran antes y alcanzan una mayor estatura que los de medio rural^{11,12}. En términos generales se reporta que estos condicionantes territoriales cobran relevancia en la expresión del DS por cuanto los indicadores satisfactorios de calidad de vida tienen un efecto promotor del mismo, mientras que los ambientes adversos parecen atenuar, o incluso inhibir, la expresión dimórfica^{3,7}.

OBJETIVO

Este manuscrito se interesa por analizar el DS en el crecimiento físico de escolares de Tucumán (Argentina), pormenorizando en las diferencias según la zona sanitaria de residencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La Figura 1 contextualiza a Tucumán (27°00'S 65°30'O) en el marco nacional y regional (Norte Grande Argentino). La región norte del país destaca históricamente por sus bajos niveles de actividad económica, altas tasas de pobreza, mortalidad materna e infantil^{14,15}. En el mapa se advierte la distribución espacial de las Necesidades Básicas Insatisfe-

chas¹⁵, método multidimensional de evaluación de la pobreza. Tucumán contiene al quinto aglomerado urbano de mayor relevancia de Argentina y es reconocida como un ámbito de inseguridad alimentaria y disparidades socioambientales. Durante la crisis socioeconómica Argentina de 2001-02, la provincia cobró protagonismo internacional a consecuencia de varias muertes infantiles por desnutrición. Con posterioridad, la primera Encuesta Nacional de Salud Infantil reveló en Tucumán la media más elevada de desnutrición en menores de 5 años. En la actualidad, presenta un perfil de transición nutricional con elevadas prevalencias de sobrepeso, obesidad y riesgo cardiometabólico. Mas aún, los indicadores de crecimiento, malnutrición e inseguridad alimentaria revelan patrones espaciales diferenciados en el territorio³.

El sistema sanitario de Tucumán distingue cuatro zonas (Centro, Este, Oeste y Sur)¹⁶. La fuente consultada para nuestro análisis recolectó datos sobre tres de ellas, las zonas sanitarias centro (ZSC), este (ZSE) y oeste (ZSO). La ZSC se extiende en 390 km² y presenta más de 750.000 habitantes y contiene al Gran Tucumán, ciudad cabecera regional con intenso y desordenado proceso de expansión urbana y crecimiento poblacional³. Su crecimiento se explica en gran medida por desplazamientos rural-urbanos provinciales y la propagación de asentamientos informales.

La ZSE atiende tres departamentos (Burrupacú, Cruz Alta, Leales), abarcando 7.005 km² y más de 270.000 habitantes.

En esta ecorregión denominada Chaco seco, predomina una ruralidad dispersa en paisaje de llanura. Se asienta en ella una gran proporción hogares de pequeños minifundistas y familias que subsisten alternando diferentes modalidades de trabajo tales como venta y/o trueque de productos y servicios regionales de baja manufactura en ferias locales, la cosecha estacional, etc.¹⁷. Estudios previos han reportado porcentajes elevados de inseguridad alimentaria en hogares con niños, niñas y adolescentes de esta zona¹⁸. Asimismo, su población económicamente activa migra hacia núcleos urbanos en búsqueda de oportunidades de empleo, configurándose como un sector con población envejecida.

Por último, la ZSO es un área en creciente urbanización que se extiende en cuatro de los 17 departamentos provinciales (Tafí del Valle, Trancas, Lules y Famaillá). Abarca 7.830 km² y atiende alrededor de 123.000 habitantes. Sus localidades del suroeste reciben el desborde poblacional de la capital. Esta zona atraviesa diversas ecorregiones, con paisajes de gran valor ambiental, paisajístico y turístico.

Muestra y fuentes de información

La muestra estuvo integrada por todos los niños (n=6.981) y niñas (n=7.627), con edades comprendidas entre 5 y 12 años, residentes de la Provincia de Tucumán que fueron evaluados durante el año 2016 por el Programa Nacional de Salud Escolar (PROSANE)¹³. Se trata de una iniciativa del Ministerio

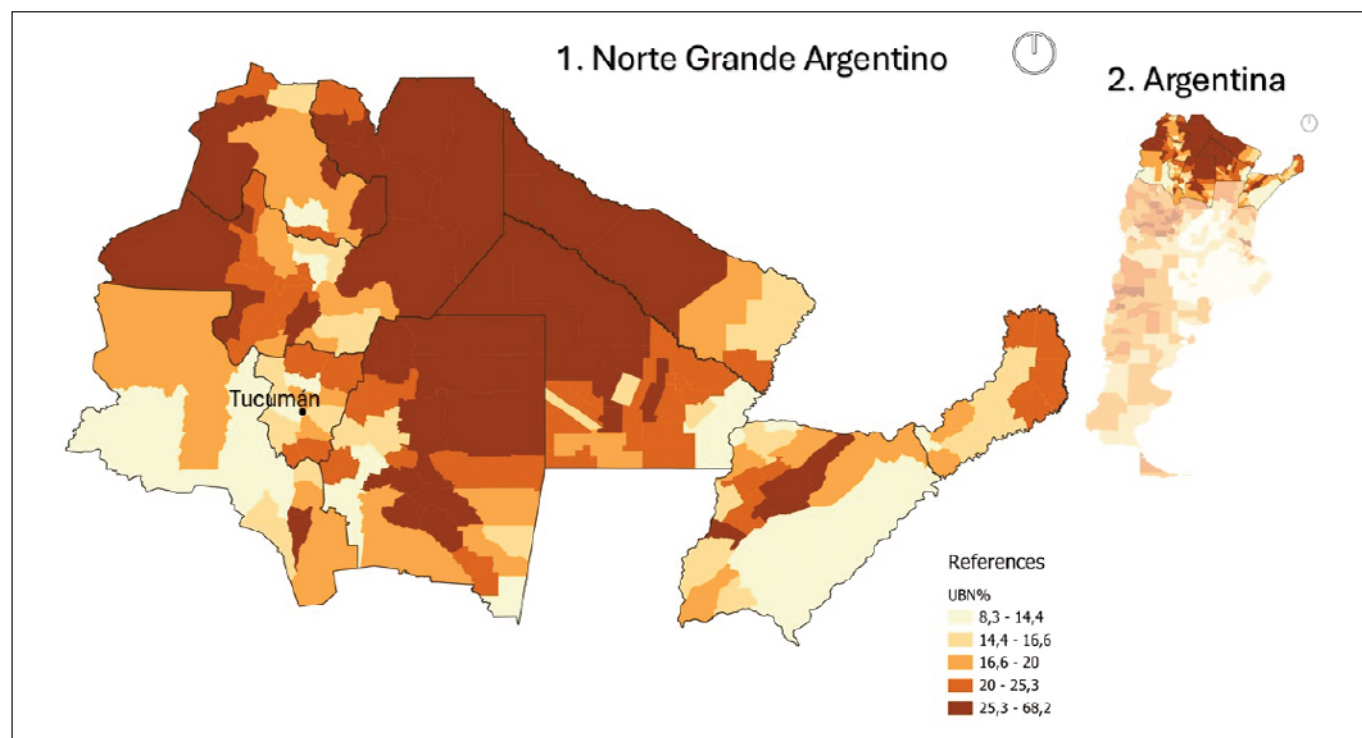


Figura 1. Niveles de Pobreza en Argentina (2) y región Norte Grande Argentino (1) según la distribución espacial de las Necesidades Básicas Insatisfechas (UBN%)

de Salud de Argentina que busca prevenir y detectar tempranamente problemas de salud en la población escolar. Los equipos de salud locales visitan escuelas primarias públicas (especialmente en zonas vulnerables). En el caso de Tucumán, las escuelas se seleccionan para maximizar el impacto en la salud y la equidad, interviniendo en las comunidades con mayor necesidad. Los datos fueron aportados a las autoras a través de un proyecto de vinculación tecnológica aprobado por el Comité de Ética e Investigación del Ministerio de Salud de Tucumán (Res. CEI 05/2019 1027/623D2019).

A partir de la información secundaria (código del alumno, sexo, peso (P), talla (T), fecha de control, fecha de nacimiento, domicilio) se confeccionó una base de datos que permitió evaluar el crecimiento a través de medidas antropométricas directas (P y T) y del IMC estimado como peso kg/estatura m²).

Los casos se analizaron según zona sanitaria de residencia, considerando por una parte la ZSC y agrupando en una categoría denominada Zona sanitaria periférica (ZSP), la ZSE y la ZSO.

La Tabla 1 describe la composición de la muestra, mientras la Tabla 2 exhibe las principales características demográficas y económicas^{15,17} de las dos zonas sanitarias comparadas.

Tabla 1. Composición de la muestra

	N	%
Total de casos	14.161	100
Sexo		
Masculino	6.782	47,9
Femenino	7.379	52,1
Edad (años)		
5	442	3,1
6	5.736	40,5
7	841	5,9
8	199	1,4
9	147	1,0
10	499	3,5
11	5.280	37,3
12	1.017	7,2
Zona Sanitaria		
Centro	12.160	85,9
Periferia	2.001	14,1

Tabla 2. Determinantes sociodemográficos según Zona Sanitaria (ZS) de residencia, Tucumán, Argentina

	ZS Centro	ZS Periferia
Población total (n)	623.942	529.357
Varones (%)	47,7	49,7
Mujeres (%)	52,3	50,3
0 - 14 años (%)	25,4	30,8
15 - 64 años (%)	65,6	62,5
65 años o más (%)	9,0	6,75
Población rural ¹ (%)	0,4	30,5
Ruralidad dispersa (%)	0,2	26,55
Población ocupada ² (%)	58,4	51,65
Población inactiva ³ (%)	36,4	43,75
Total de hogares (n)	31.094	112.791
Hogares con NBI ⁴ (%)	9,5	16,85
Vivienda inconveniente ⁵ (%)	14,6	31,45
Hacinamiento crítico ⁶ (%)	3,8	6,05
Hogares en el 5º quintil de Inseguridad alimentaria (%)	6,7	26,4

1. Población rural incluyendo población rural dispersa. 2. Conjunto de personas con empleo remunerado o que realizan una actividad independiente. 3. Grupo de personas que no trabaja ni busca trabajo activamente. 4. Necesidades Básicas Insatisfechas: hogares con algún tipo de las siguientes privaciones: hacinamiento, vivienda inconveniente, ausencia de inodoro o retrete, hogar donde al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) no asiste a la escuela, hogares con cuatro o más personas por miembro ocupado, cuyo jefe tiene baja educación. 5. Que cumple al menos una de las siguientes condiciones: piso de tierra, sin provisión de agua por cañería dentro de la vivienda, o sin baño con descarga de agua. 6. Hogares con tres personas o más por cuarto.

Análisis estadístico

Para cada sexo y grupo de edad se calcularon estadísticos descriptivos de tendencia central -media (M)- y de dispersión -desviación estándar (DE)- de las variables P, T e IMC. Además, se determinó la ratio de dimorfismo sexual: Ratio= M masculina/ M femenina⁷ y la diferencia porcentual entre medias (DM%): DM%=100*(M femenina-M masculina) /M femenina. Este estimador permite comparar la magnitud de las diferencias sexuales. Por ejemplo, un valor de DM% para una variable Q=10, indica que la variable Q es 10% mayor en las niñas que en los niños. Por el contrario, un valor DM% Q=-10, indica que la variable Q es 10%

mayor en varones que en mujeres¹⁹. Posteriormente, se testeó la normalidad de las distribuciones mediante prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Dado que las variables mostraron distribuciones asimétricas, para analizar diferencias entre sexos se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. El procesamiento estadístico se efectuó con IBM SPSS versión 25.

RESULTADOS

La Tabla 3 y Figura 2, presentan para cada edad, las comparaciones de P, T e IMC entre niños y niñas, para la muestra en su conjunto. Se advierte el mayor tamaño corporal en la serie femenina a partir de las edades prepuberales, como era de esperar dada la precocidad del estirón o pico de máxima velocidad de crecimiento. Las DM% entre sexos fueron más marcadas a los 6, 11 y 12 años. Las diferencias significativas entre sexos se detectan a los 6 años ($p=0,020$), con medidas superiores en los varones y a los 11 ($p=0,001$) en las niñas. Con respecto a la T, las niñas presentaron estatura superior a partir de los 9 años. Las DM% de mayor magnitud se encontraron entre los 10 y 11 años. Las diferencias entre sexos se detectaron a los 6 años ($p=0,001$), con medidas superiores en los varones y a los 10 ($p=0,007$), 11 ($p=0,001$) y 12 años ($p=0,038$) en las niñas. En el caso del IMC, si bien no se advierten diferencias significativas, se evidencia un predominio de medias superiores en las niñas, con DM% más marcadas a los 8, 9 y 12 años.

Por otra parte, en este estudio interesó contrastar el crecimiento entre zonas sanitarias y ponderar su expresión dimórfica. La Figura 3 exhibe las DM% entre ZS, y permite advertir contrastes más evidentes en el P a los 8 y 10 años, con diferencias de carácter significativo a los 10 años a favor de los escolares de la ZSC, quienes presentaron una diferencia porcentual de 5,81%, respecto a los de la ZSP. En el caso de la T, a los 7 y 8 años, las DM% son negativas, poniendo de relieve medias superiores en los escolares de ZSP, mientras que a los 10 y 11 años las DM% es positiva. En el caso del IMC a los 10 años se detectó la mayor DM%, con valores superiores en los escolares de la ZSC.

La Tabla 4 pone de manifiesto que el DS aumenta con la edad y varía según ZS. Se advierte que, en la zona central la expresión dimórfica es más marcada y con diferencias sustanciales entre varones y mujeres, respecto de la zona periférica.

En la ZSC, al analizar el P se observa que, en términos generales, los varones presentan mayor peso a los 8 años ($p=0,03$). A los 11 años se revierte esta tendencia en el peso con diferencias a favor de las niñas a los 11 años ($p=0,001$). Además, los varones de la ZSC manifestaron mayor estatura desde los 5 hasta 9 años, con diferencias importantes a los 5 ($p=0,03$), 6 ($p=0,001$), 8 ($p=0,01$) y 9 años ($p=0,001$) y una reversión del patrón dimórfico desde los 10 años que se mantuvo a los 11 ($p=0,001$) y 12 años ($p=0,03$).

Las dimensiones antropométricas de los escolares de la ZSP exhiben medias superiores en las niñas respecto a sus pares varones, con una expresión dimórfica más atenuada que se expresa principalmente en el peso, a los 11 ($p=0,020$), y en la talla, a los 10 y 11 años ($p=0,020$ y $p=0,001$, respectivamente). Por último, y en coincidencia con lo observado en la ZSC, las niñas y niños presentaron un IMC sin diferencias significativas.

DISCUSIÓN

Se ha señalado la importancia de considerar la escala de agregación y la distribución espacial de los determinantes sociales cuando se analizan fenómenos poblacionales como la salud nutricional o el crecimiento²⁰. En general, la evidencia se documenta a nivel de provincias o regiones, siendo escasa por debajo de estas escalas, hecho que invisibiliza las disparidades "hacia adentro" y plantea una "paradoja de la información geográfica" esto quiere decir que la información más interesante se encuentra disponible a escalas poco interesantes^{14,21}. Al respecto, en este estudio nos interesamos por analizar grandes datos a nivel provincial y por debajo de esta escala provincial, distinguiendo zonas sanitarias.

El presente estudio identificó diferencias sexuales en el crecimiento físico de escolares con edades comprendidas entre 5 y 12 años residentes en Tucumán (Argentina). Para ello se analizaron numerosos datos procedentes de una encuesta sanitaria nacional que posibilitó un análisis general de la población escolar y a nivel de zonas sanitarias, considerando una escala subprovincial.

La etapa escolar es un periodo de crecimiento lento y uniforme. Los incrementos de talla tienden a disminuir ligeramente hasta alcanzar la mínima velocidad en el momento en el que se inicia el estirón puberal. Se ha informado que hacia los 7-8 años de edad, el ritmo de desaceleración disminuye y se observa un aumento ligero y transitorio de la velocidad, conocido como "mid-growth spurt". El peso también sigue un ascenso lento y constante, pero al contrario que la talla, tiende a acelerarse progresivamente²².

Los indicadores antropométricos dan cuenta de las diferencias sexuales en el crecimiento, donde el brote es más precoz y menos intenso en las niñas y más tardío y duradero en los varones. En Tucumán, la comparación entre varones y mujeres arrojó diferencias sustanciales en las medidas de peso y la talla. Asimismo, se detectó la reversión del patrón dimórfico entre los escolares analizados: desde los 5 y hasta los 8-9 años, son los varones quienes presentan consistentemente medias superiores, hecho que se revierte desde los 9 y los 10 años a favor de las niñas. Esta reversión del patrón dimórfico da cuenta del estirón puberal que marca la transición hacia la adolescencia^{22,23}. La pubertad y la adolescencia se caracterizan por importantes cambios somáticos y emocionales, que coinciden con el proceso de maduración sexual. Es

Tabla 3. Crecimiento físico y estado nutricional en el total de la muestra y según sexo: Media (M), Desviación Estándar (DE), Ratio y Diferencias Porcentuales de Medias (DM%) en escolares de Tucumán, Argentina

Peso (kg)								
Edad (años)	Muestra total		Varones		Mujeres		Ratio	DM%
	M	D	M	DE	M	DE		
5	21,81	3,97	21,85	3,72	21,78	4,21	1,003	-0,321
6*	23,94	4,94	24,09	4,74	23,79	5,11	1,013	-1,261
7	26,34	5,67	26,34	5,48	26,34	5,85	1,000	0,000
8	30,07	7,21	30,43	7,41	29,74	7,04	1,023	-2,320
9	34,36	7,92	34,76	7,53	33,92	8,35	1,025	-2,476
10	41,21	10,71	40,89	11,13	41,51	10,30	0,985	1,494
11**	45,05	12,11	44,34	11,92	45,66	12,24	0,971	2,891
12	47,87	12,52	47,16	12,93	48,58	12,07	0,971	2,923
Talla (cm)								
Edad (años)	Muestra total		Varones		Mujeres		Ratio	DM%
	M	DE	M	DE	M	DE		
5	114,56	5,78	115,08	5,61	114,03	5,91	1,009	-0,921
6**	118,98	5,53	119,48	5,52	118,50	5,49	1,008	-0,827
7	122,91	5,65	123,25	5,93	122,60	5,35	1,005	-0,530
8	129,21	6,03	129,37	6,41	129,07	5,69	1,002	-0,232
9	135,99	4,95	135,88	4,56	136,11	5,36	0,998	0,169
10**	143,32	7,14	142,44	7,05	144,15	7,14	0,988	1,186
11**	148,07	7,33	147,12	7,29	148,89	7,26	0,988	1,189
12*	151,47	7,68	150,97	8,21	151,98	7,08	0,993	0,665
IMC (kg/m ²)								
Edad (años)	Muestra total		Varones		Mujeres		Ratio	DM%
	M	DE	M	DE	M	DE		
5	16,55	2,27	16,44	2,05	16,68	2,48	0,986	1,439
6	16,83	2,71	16,80	2,53	16,86	2,88	0,997	0,330
7	17,35	3,00	17,25	2,79	17,44	3,19	0,989	1,089
8	17,90	3,53	18,07	3,63	17,75	3,45	1,018	-1,803
9	18,49	3,67	18,74	3,52	18,21	3,83	1,029	-2,910
10	19,91	4,24	19,98	4,36	19,86	4,12	1,006	-0,604
11	20,37	4,47	20,29	4,35	20,44	4,57	0,993	0,734
12	20,70	4,49	20,48	4,51	20,92	4,45	0,979	2,103

Diferencias significativas: **p<0,01, *p<0,05.

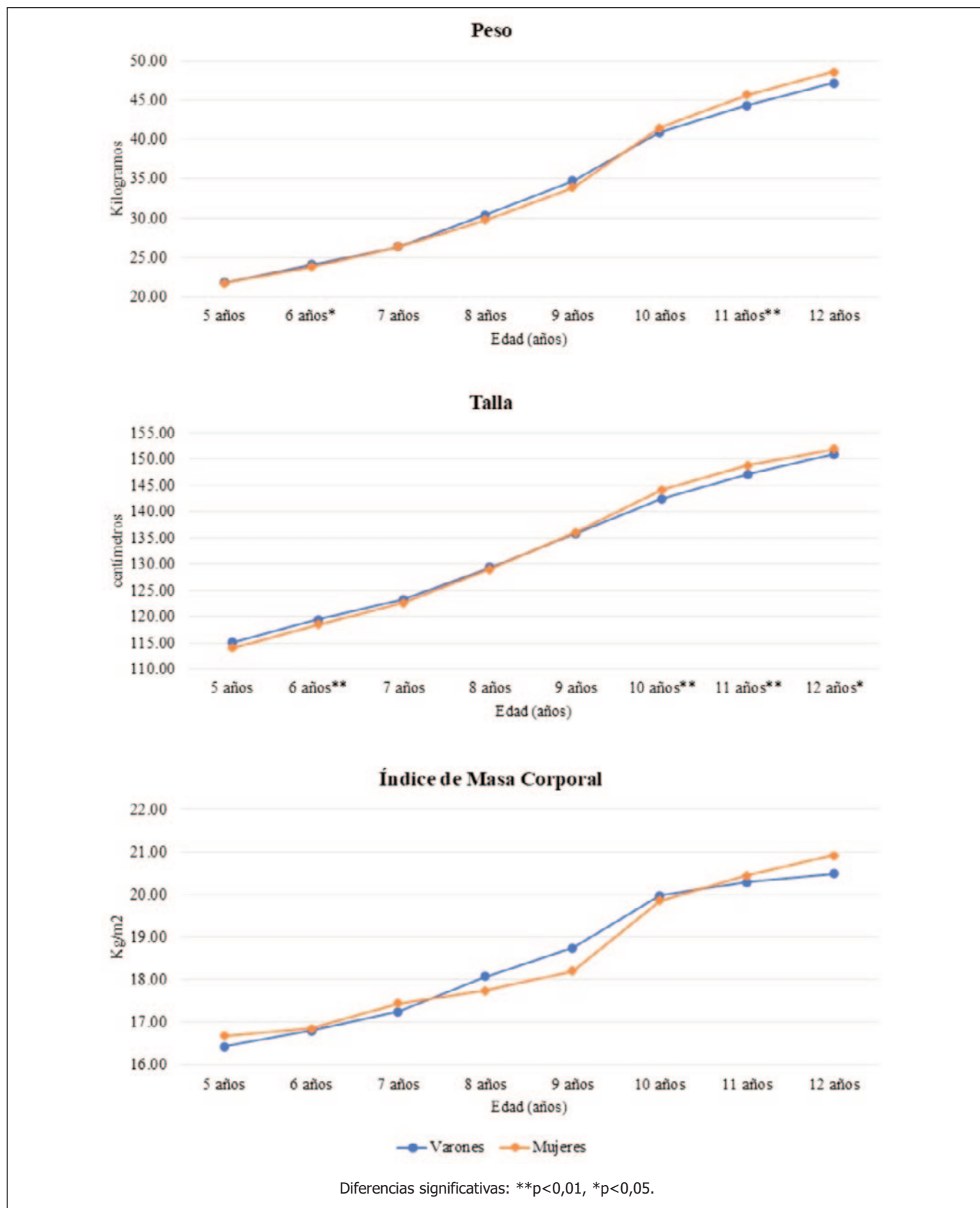


Figura 2. Comparación del crecimiento longitudinal y ponderal en niños y niñas de Tucumán, Argentina. Análisis en el conjunto de la muestra (n= 14161)

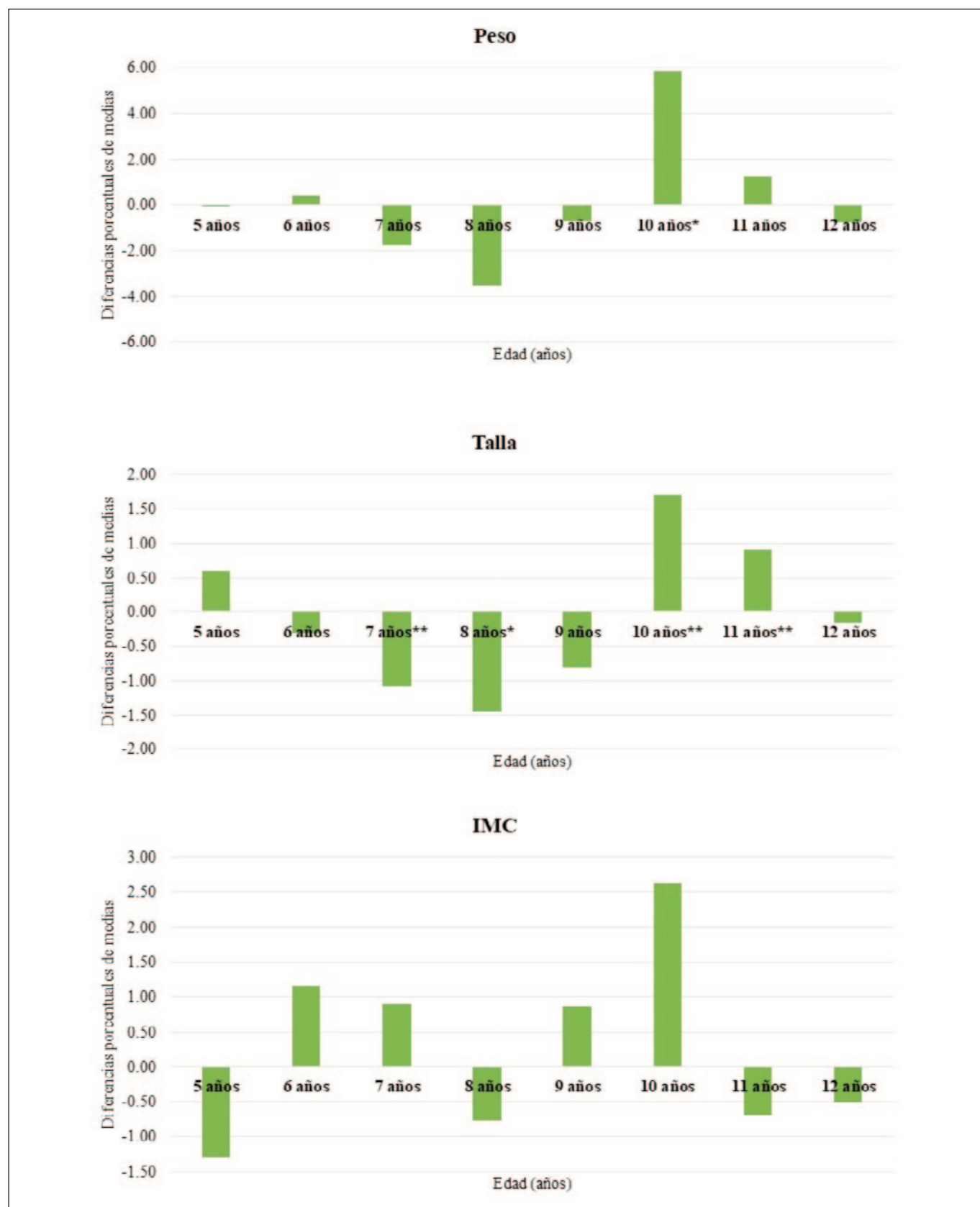


Figura 3. Diferencias porcentuales de medias entre zonas sanitarias para los indicadores antropométricos del crecimiento en los escolares de Tucumán, Argentina (n= 14161)

Tabla 4. Indicadores de crecimiento físico y dimorfismo sexual en escolares de Tucumán en función de la zona sanitaria (ZS) de residencia (n= 14161)

Peso (kg)								
Edad (años)	ZS Centro				ZS Periférica			
	Varones		Mujeres		Varones		Mujeres	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
5	21,94	3,70	21,64	4,17	21,50	3,82	22,02	4,31
6	24,08	4,71	23,83	5,07	24,24	5,00	23,45	5,42
7	26,15	5,27	26,33	5,79	27,04	6,19	26,39	6,12
8	31,38*	7,71	27,86*	5,86	29,94	7,27	30,95	7,50
9	34,78	8,22	32,54	6,04	34,74	6,61	34,29	8,87
10	42,15	11,88	41,67	10,15	38,16	8,80	41,01	10,83
11	44,47**	12,01	45,67**	12,31	43,54*	11,34	45,64*	11,77
12	47,01	12,80	48,62	12,12	48,18	13,73	48,19	11,77
Talla (cm)								
Edad (años)	ZS Centro				ZS Periférica			
	Varones		Mujeres		Varones		Mujeres	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
5	115,35*	5,37	114,02*	5,42	114,08	6,36	114,05	6,79
6	119,45**	5,52	118,47**	5,46	119,73	5,53	118,84	5,78
7	122,82	5,75	122,46	5,30	124,86	6,34	123,12	5,52
8	130,03*	6,51	126,49*	6,20	129,03	6,39	130,72	5,31
9	135,91**	4,62	133,67**	1,05	135,84	4,57	136,77	5,85
10	143,51	6,95	144,43	6,68	140,11*	6,74	143,30*	8,42
11	147,35**	7,36	148,98**	7,37	145,65**	6,68	148,19**	6,43
12	150,85*	8,42	152,02*	7,26	151,74	6,78	151,61	5,36
IMC (kg/m ²)								
Edad (años)	ZS Centro				ZS Periférica			
	Varones		Mujeres		Varones		Mujeres	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
5	16,44	2,08	16,57	2,40	16,43	1,96	16,89	2,62
6	16,79	2,51	16,90	2,88	16,82	2,70	16,48	2,79
7	17,26	2,80	17,49	3,25	17,18	2,74	17,26	2,96
8	18,45	3,82	17,32	2,91	17,88	3,55	18,03	3,76
9	18,71	3,71	18,21	3,36	18,79	3,30	18,20	3,97
10	20,29	4,67	19,88	4,15	19,30	3,54	19,82	4,07
11	20,28	4,35	20,41	4,59	20,37	4,39	20,63	4,49
12	20,45	4,45	20,93	4,45	20,74	4,92	20,88	4,54

Diferencias significativas: **p<0.01, *p<0.05.

un periodo en el que coexisten un ritmo de crecimiento elevado y fenómenos madurativos importantes, que van a culminar con la consecución de la talla adulta, la expresión completa del DS y el logro de la capacidad reproductiva²².

En el caso de los niños y niñas de Tucumán, al analizar el peso, la diferencia porcentual entre sexos fue más acentuada en los escolares de 12 años, donde las niñas exhibieron una media de 48, 58 kg, siendo este valor 1,42 kg superior al de los varones. Mientras que, al analizar la estatura, la mayor diferencia se detecta a los 11 años, donde la estatura media de las niñas supera en 1,77 cm a la de los varones. En el contexto latinoamericano en general, y en Argentina, en particular, la literatura sobre las desigualdades sociales desde la perspectiva del crecimiento y dimorfismo sexual es escasa. Los resultados encontrados en el presente estudio son consistentes con un análisis previo efectuado con escolares de tres departamentos tucumanos, donde se detectó la reversión del patrón dimórfico a favor de las niñas³. Contrariamente, en una ciudad del sur argentino el crecimiento pondoestatural fue semejante al comparar escolares púberes y pre-púberes²⁴.

Continuando con el análisis, en este estudio profundizamos en el estudio del crecimiento por debajo de la escala provincial. Considerando el marco sanitario local, comparamos entre una zona sanitaria central y una periférica. En general, se advierte que el DS del crecimiento fue más marcado en la ZSC, respecto de la ZSP; que revela un patrón dimórfico más atenuado. En general, en la ZSC los varones exhibieron mayor peso en comparación con las mujeres, con diferencias significativas a los 8 y 11 años. Contrariamente, en la ZSP, las niñas presentaron medias superiores, con diferencias sexuales significativas solo a los 11 años. Por otra parte, al indagar en la talla, en ambas zonas se advierten semejanzas en el patrón de crecimiento y la reversión del patrón dimórfico, sin embargo, las diferencias son más marcadas en la ZSC.

Desde una perspectiva biocultural, estas variaciones en las medidas de crecimiento se pueden comprender en relación a los entornos estudiados. La ZSC reúne la mayor cantidad de servicios e infraestructura, siendo el sector que goza de mejor calidad de vida de la provincia; a pesar de presentar las complejidades típicas de las ciudades intermedias latinoamericanas. En contrapartida, la ZSP, que reúne al sector oeste y este de la provincia, comprende zonas heterogéneas de transición urbana rural, diferentes condiciones de vida y presencia variable de ruralidad dispersa. Esto condiciona la accesibilidad a servicios en general y cuidados sanitarios, en particular. Asimismo, estos sectores periféricos han sido documentados previamente como ámbitos de inseguridad alimentaria en hogares con niños, niñas y adolescentes¹⁸.

El dimorfismo sexual debe entenderse no solo como un fenómeno biológico, sino como una expresión plástica, históri-

camente moldeada por desigualdades socioambientales: las poblaciones sometidas a estrés ambiental prolongado o estructural son proclives a registrar valores inferiores de dimorfismo^{5,7}. Esto explicaría las diferencias encontradas al comparar el dimorfismo sexual y la reversión del patrón dimórfico entre zonas, donde las diferencias son más marcadas en la zona central.

Para concluir, merece la pena señalarse que el estudio del crecimiento y su expresión dimórfica en poblaciones infantiles es de interés por cuanto se trata de una etapa vulnerable, donde intervenciones oportunas pueden contribuir a que los niños y las niñas puedan alcanzar su potencial genético. Como limitaciones se puede mencionar el carácter transversal de los datos analizados, así como también la ausencia de parámetros antropométricos que posibiliten un estudio detallado de la composición corporal, a la vez que queda sin explorar la situación de los escolares residentes de la zona sur de Tucumán. Otra limitación importante es la asimetría numérica de la muestra, muy elevada a los 6 y 11 años en comparación con otras edades. No obstante, estas limitaciones, se considera que este análisis constituye un aporte robusto al estudio del crecimiento y el DS en poblaciones escolares de Argentina. Esta fortaleza se deriva, en gran medida al trabajo con grandes datos del sistema de salud, evidenciando la importancia de la vinculación tecnológica entre el sector sanitario y el científico, y sentando las bases para futuros análisis de cambios seculares en el crecimiento de escolares tucumanos.

CONCLUSIONES

Este estudio identificó diferencias sexuales en el crecimiento físico en escolares con edades comprendidas entre 5 y 12 años de Tucumán (Argentina). Se analizaron numerosos datos provenientes de una encuesta sanitaria nacional, posibilitando un análisis general de la población escolar y, por debajo de la escala provincial, a nivel de zonas sanitarias de la provincia.

El análisis en la escala subdepartamental reveló que el DS del crecimiento fue más marcado en la ZSC central respecto de la ZSP, especialmente al analizar la estatura. Este hallazgo reafirma la hipótesis de que el DS se acrecienta cuanto mejores son las condiciones socioambientales y de bienestar biológico.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Programa Integrado de Salud del Sistema Provincial de Salud (PRIS, SIPROSA) por proporcionar las bases de datos empleada en el estudio. A la Lic. Mariana Prado, referente del programa, por el asesoramiento y guía sobre la implementación de PROSANE en Tucumán durante el año 2016.

BIBLIOGRAFÍA

- Marrodán Serrano MD, Moreno Romero S, González Montero de Espinosa M, Pérez Magdaleno A. Observatorio medioambiental. 1998; 1:93–104.
- Sánchez-García E, Martínez-Carrión JM, Terán JM, Varea C. Biological well-being during the “economic miracle” in Spain: height, weight and body mass index of conscripts in the city of Madrid, 1955–1974. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(24):12885. doi:10.3390/ijerph182412885
- Cordero ML, Cesani MF. Crecimiento, estado nutricional y composición corporal: un estudio transversal sobre las manifestaciones del dimorfismo sexual en escolares de Tucumán, Argentina. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2020;24(1): 50–60.
- Arnold AP. A general theory of sexual differentiation. *J Neurosci Res*. 2017;95(1–2):291–300.
- Bogin B. *Patterns of Human Growth*. Cambridge: Cambridge University Press; 2020.
- Díez Navarro A, Marrodán Serrano MD, Gómez de Arriba A, Vargas Brizuela A, Pacheco del Cerro JL, Sánchez Álvarez M, et al. Ecoestabilidad femenina y malnutrición severa infantil: Evidencia a partir de intervenciones de ayuda humanitaria de Acción Contra el Hambre en países africanos, asiáticos y latinoamericanos. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2017;37(4):127–134.
- Cámara AD. Sobre la asociación entre el dimorfismo sexual en estatura y el estado nutricional de hombres y mujeres en el largo plazo. *Nutr Hosp*. 2018;35(Extra. 5):123–128.
- Koepke N, Floris J, Pfister C, Rühli F, Staub K. Ladies first: female and male adult height in Switzerland, 1770–1930. *Econ Hum Biol*. 2018; 29:76–87.
- Castellucci H, Viviani C, Boccardo G, Arezes P, Bartsch Á, Martínez M, et al. Gender inequality and sexual height dimorphism in Chile. *J Biosoc Sci*. 2021;53(1):38–54.
- Brennan E, DeWitte SN. Sexual stature difference fluctuations in pre- and post-Black Death London as an indicator of living standards. *Am J Hum Biol*. 2022;34: e23678. doi:10.1002/ajhb.23678
- Hu Y, Lin W, Tan X, Liu Y, Wen Y, Xing Y, et al. Trends in urban/rural inequalities in physical growth among Chinese children over three decades of urbanization in Guangzhou: 1985–2015. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1190. doi:10.1186/s12889-020-09239-7
- Reyes ME, Tan SK, Malina RM. Urban-rural contrasts in the growth status of school children in Oaxaca, Mexico. *Ann Hum Biol*. 2003;30(6):693–713. doi:10.1080/03014460310001612792
- Ministerio de Salud Argentina. Manual de implementación. Programa Nacional de Salud Escolar (PROSANE). Buenos Aires: Ministerio de Salud Argentina; 2021.
- Velázquez GA, Celemín JP. Geografía y calidad de vida en la Argentina: análisis según departamentos y radios censales (2010). *Journal de Ciencias Sociales*. 2019;7(13):1–15.
- INDEC. Censo Nacional de población, hogares y viviendas. Necesidades básicas insatisfechas porcentaje departamental. 2010. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>
- Ministerio de Salud Pública de Tucumán. Servicios de salud de la provincia de Tucumán. Áreas programáticas. Tucumán: Gobierno de Tucumán; 2024.
- Cordero ML, Cesani MF. Desigualdades en las experiencias sobre alimentación durante la pandemia por Covid-19. *Rev Museo Antropol*. 2023;26(1):347–354.
- Cordero ML, Cesani MF. Desigualdad territorial de la inseguridad alimentaria en hogares con niños, niñas y adolescentes de Tucumán (Argentina) en los primeros meses de la pandemia por COVID-19. *Rev Arg Antropol Biol*. 2023;25(1): e058.
- Oyhenart EE, Cesani MF, Quintero FA, Torres MF, Luis MA, Orden AB, et al. Sexual dimorphism in schoolchildren and its relation with nutritional status. *Anthropologie*. 2006;44(3):263–68.
- Márquez A, Salvia A. Riesgo de inseguridad alimentaria, 2010. Poblaciones; 2019. Disponible en: <https://poblaciones.org/2019/07/18/riesgo-de-inseguridad-alimentaria/>
- Liu Y, Zhang L, Zhang Y, et al. The Association Between Social Determinants of Health and Population Health Outcomes: Ecological Analysis. *JMIR Public Health Surveill*. 2023;9(1): e44070. doi:10.2196/44070
- Cordero ML, Carter E. Multi-scalar spatial analysis of social determinants of undernutrition in schoolchildren in Tucumán, Argentina. *Am J Hum Biol*. 2025;37(7): e70108. doi:10.1002/ajhb.70108
- López de Lara D. Valoración del crecimiento y del estado nutricional en niños, adolescentes y adultos jóvenes de la Comunidad Autónoma de Madrid. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; 2011.
- Carrascosa A, Ferrández A, Audí L, Baguer L, Rueda C, Bosch-Castañé J, et al. Pubertal growth of 1453 healthy children according to age at pubertal growth spurt onset. *An Pediatr (Barc)*. 2008;69(5):464–70. doi:10.1157/13122258
- Navazo M. Dimorfismo sexual del crecimiento y de la composición corporal en la población infanto-juvenil de Puerto Madryn (Chubut, Argentina). *Nutr Clín Diet Hosp*. 2021;41(3): 150–157.

Conocimiento y satisfacción materna sobre la consejería nutricional en alimentación complementaria

Maternal knowledge and satisfaction with nutritional counseling on complementary feeding

Geon VILLARROEL ALARCON, Cesar Abraham MENDOZA ZUMBA, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Miguel Angel CASTRO MATTOS, Florentina Gabriela VIDAL HUAMÁN

Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Recibido: 13/julio/2025. Aceptado: 22/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: La consejería nutricional sobre alimentación complementaria cumple una función educativa importante en las madres de infantes menores de un año. El nivel de conocimiento que poseen las madres repercute en la alimentación de sus hijos y más aún si existe una satisfacción con la consejería nutricional recibida.

Objetivo: Determinar la relación entre los niveles de conocimiento y satisfacción materna sobre la consejería nutricional en alimentación complementaria en niños de 6 a 8 meses.

Material y métodos: El diseño de la investigación fue no experimental, enfoque cuantitativo, descriptivo correlacional y transversal. La muestra estuvo conformada por 100 madres de niños de las edades de 6 a 8 meses que asisten y se encuentran registrados en tres centros de salud en Lima. Las encuestas fueron aplicadas por nutricionistas entrevistadores, la recolección de datos fue mediante dos encuestas validadas, que consta de 19 preguntas sobre conocimientos de alimentación complementaria, se consideró los puntajes de baremo de 0 a 6 deficiente, de 7 a 12 regular y de 13 a 19 alto. Asimismo, 25 preguntas sobre satisfacción de la consejería nutricional, los puntajes del baremo fueron de 50 a 116 deficiente, de 117 a 182 regular y de 183 a 250 alta.

Se analizaron los datos empleando la prueba exacta de Fisher para relacionar nivel de conocimiento sobre la alimentación complementaria y nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre alimentación complementaria, con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Resultados: La edad promedio fue 27 años ($DE=6,11$). El 42% de las madres tuvo un conocimiento regular y el 51% una satisfacción regular sobre la consejería nutricional. A mayor número de hijos, las madres tienen un nivel alto de conocimientos sobre la alimentación complementaria ($p=0,001$) y una alta satisfacción de la consejería nutricional ($p=0,001$). Asimismo, existe relación entre las variables de estudio ($p=0,001$).

Conclusión: Las madres tienen un regular conocimiento sobre alimentación complementaria y satisfacción de la consejería nutricional y adquieren más conocimientos cuando tienen más hijos. Es responsabilidad del profesional de la salud brindar sesiones educativas y demostrativas sobre alimentación complementaria para lograr un aprendizaje significativo y satisfacción en las madres o cuidadores.

PALABRAS CLAVE

Educación nutricional; Alimentación infantil; Consejería materna; Práctica alimentaria (Fuente: DeCS BIREME).

ABSTRACT

Introduction: Nutritional counseling on complementary feeding plays an important educational role for mothers of infants under one year of age. The level of knowledge that mothers possess has an impact on their children's nutrition,

Correspondencia:
Yuliana Yessy Gomez Rutti
ygomez@une.edu.pe

and even more so if they are satisfied with the nutritional counseling they receive.

Objective: To determine the relationship between maternal knowledge levels and satisfaction regarding nutritional counseling on complementary feeding of children aged 6 to 8 months.

Materials and methods: The research design is non-experimental, with a quantitative, descriptive, correlational, and cross-sectional approach. The sample consisted of 100 mothers of children aged 6 to 8 months who attend and are registered at three health centers in Lima. The surveys were administered by nutritionist interviewers; data collection was carried out using two validated surveys, consisting of 19 questions on complementary feeding knowledge. Scores were considered on a scale of 0 to 6 for poor, 7 to 12 for fair, and 13 to 19 for high. There were also 25 questions on satisfaction with nutritional counseling. The scale scores were 50 to 116 for poor, 117 to 182 for fair, and 183 to 250 for high. Data were analyzed using Fisher's exact test to relate the level of knowledge about complementary feeding and the level of satisfaction with nutritional counseling on complementary feeding, with a significance level of $p < 0.05$.

Results: The average age was 27 years ($SD=6.11$). Forty-two percent of mothers had fair knowledge and 51% had fair satisfaction with nutritional counseling. The more children mothers have, the higher their level of knowledge about complementary feeding ($p=0.001$) and the higher their satisfaction with nutritional counseling ($p=0.001$). Likewise, there is a relationship between the study variables ($p = 0.001$).

Conclusion: Mothers have fair knowledge about complementary feeding and satisfaction with nutritional counseling and acquire more knowledge when they have more children. It is the responsibility of the healthcare professional to provide educational and demonstration sessions on complementary feeding to achieve meaningful learning and satisfaction in mothers or caregivers.

KEYWORDS

Nutritional education; Infant nutrition; Maternal counseling; Dietary practices (Source: DeCS BIREME).

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS: Organización Mundial de la Salud.

MINSA: Ministerio de Salud.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, se recomienda que los bebés sean amamantados exclusivamente durante los primeros seis meses de vida, y después introducir alimentos complementarios nutricionalmente adecuados y seguros, mientras se continúa con la lactancia materna hasta los dos años de edad¹, conforme va de-

sarrollándose y creciendo, la leche materna deja de satisfacer las exigencias de nutricionales de los bebés, lo que en consecuencia se vuelve esencial introducir gradualmente alimentos sólidos y semisólidos en su dieta. Durante este período, es común que las madres tengan inquietudes y preguntas sobre cómo alimentar y cuidar a sus hijos, lo que subraya la importancia de brindarles orientación y respaldo apropiado².

A nivel mundial, el 65% de las prácticas alimentarias deficientes son responsables de dos tercios de los decesos anuales en infantes menores de cinco años, lo que equivale a una proporción significativa de estas fatalidades³. Los niños se encuentran en peligro de desnutrición debido a la insuficiencia en calidad y cantidad de los alimentos que consumen en las primeras etapas de su desarrollo y crecimiento.

La OMS, manifestó que aproximadamente el 60% de los bebés de 6 a 12 meses de edad son alimentados con comida semisólida, sólida y blanda, además de la leche de la madre⁴. Esto resalta la relevancia de brindar orientación adecuada a las madres sobre cómo introducir gradualmente alimentos complementarios de manera segura y nutritiva en el régimen alimenticio de sus hijos. La consejería nutricional también desempeña un papel clave en este proceso, ayuda a las madres a seleccionar alimentos con conocimiento nutricional y promueve las prácticas de alimentación saludable para los niños⁴.

En América Latina, se destaca que aproximadamente la mitad de las madres en la región adoptan hábitos alimentarios inadecuados, particularmente durante la fase inicial de la introducción de alimentos complementarios en los bebés⁵. La falta de educación de las madres y de conocimiento sobre el desarrollo infantil, la nutrición y la salud, es lo que origina una malnutrición. Esto es una evidencia de que existe una disparidad significativa en la calidad de la alimentación y el acceso a una educación en alimentación y nutrición en la región, lo que puede contribuir a trastornos de salud y desarrollo ineficiente en la población infantil.

Por otro lado, un tercio de los lactantes de 6 a 23 meses no consume una variedad suficiente de alimentos para mantener un crecimiento y desarrollo saludable físicamente y cognitivo⁶, la mala nutrición durante las primeras etapas del ciclo de vida, por lo tanto, puede conducir a daños extensos e irreversibles para la sociedad¹.

En Perú, resalta la gravedad de los problemas de alimentación infantil que enfrentan especialmente en el primer semestre de vida, la falta de consumo de alimentos enriquecidos con hierro y la preferencia por preparaciones diluidas con baja densidad calórica como sopas y zumos, además, lo que aporta al incremento de casos de anemia y al desarrollo deficiente de los niños, lo cual puede acarrear graves implicaciones en su salud y desarrollo físico⁷.

La información proporcionada mediante el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) sobre la desnutrición infantil es alarmante y pone de manifiesto la urgencia de

abordar este problema, debido a que afecta al 11.7% de niños y niñas en el país; por ello, es crucial brindar una alimentación óptima durante los primeros 24 meses de vida de los infantes para disminuir tanto la tasa de enfermedad como la tasa de letalidad relacionada con la desnutrición, y, de esta forma mejorar la situación⁸. La inversión en la alimentación adecuada de los niños es fundamental para el progreso saludable de la sociedad y el bienestar futuro de la nación.

La alimentación complementaria comprende la incorporación de comida sólida y semisólida en la ingesta alimentaria de un niño menor de 2 años mientras continúa siendo amamantado o recibe fórmula, es una etapa crítica en el desarrollo infantil. Durante este período, es esencial que las madres adquieran una comprensión adecuada acerca de la alimentación y nutrición infantil y se sientan motivadas a poner en práctica lo aprendido en la orientación nutricional proporcionada mediante la consejería nutricional.

Por otro lado, se desconoce la relación que pueda existir entre la satisfacción y el nivel de conocimientos que brinda una consejería nutricional a las madres sobre alimentación complementaria de sus hijos, existiendo poca evidencia publicada sobre ambas variables, por ello, el objetivo del estudio fue determinar la relación entre el nivel de conocimiento y el nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria en madres de niños 6 a 8 meses.

MÉTODOS

Se trata de un estudio cuantitativo, correlacional y transversal, desarrollado entre enero a agosto de 2024, en el distrito de Lurigancho, Lima.

Población y muestra

La población fueron las madres de niños 6 a 8 meses, que asisten a los centros de salud: Centro de Salud La Era, Centro de Salud Moyopampa y Centro de Salud Nicolás de Piérola del distrito de Lurigancho. La muestra fue 100 madres seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, conforme a los criterios de inclusión establecidos. Esta estrategia fue utilizada para la accesibilidad a las participantes.

Los criterios de inclusión fueron madres de niños de 6 a 8 meses, que asisten a los centros de salud del servicio de Nutrición de los tres centros de salud, que firmaron y aceptaron el consentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron madres de niños con anemia, que tengan alguna patología o se encuentren enfermos, que se encuentren participando en otros estudios que podrían influir en las respuestas (visitas domiciliarias).

Variable e Instrumentos

Se empleó el cuestionario sobre conocimiento en alimentación complementaria, se tomó como referencia el documento

de guías alimentarias para niñas y niños menores de 2 años de edad del Ministerio de Salud (MINSA)⁹, se sometió a un juicio de expertos conformados por cinco profesionales de nutrición humana quienes revisaron las 19 preguntas y dividido en 4 dimensiones: prácticas correctas (8 preguntas), cuidados (3 preguntas), higiene (6 preguntas), crecimiento (2 preguntas) (Tabla 1).

Los expertos evaluaron el instrumento sobre conocimiento en alimentación complementaria con una escala dicotómica y con cinco criterios (claridad, coherencia, objetividad, permanencia y relevancia). Se obtuvo un resultado de un V-Aiken 0,98, lo cual determina que existe una muy alta validez de contenido. Se consideró el siguiente baremo: de 0 a 6: deficiente, de 7 a 12 regular y de 13 a 19 puntos: alto. Se construyó la escala de valoración para tres niveles (deficiente, regular y alto), siendo la escala de baremación del percentil 33 y 66. La confiabilidad se realizó una prueba piloto a 19 madres con niños de 6 a 8 meses que asisten a los centros de salud del distrito de Lurigancho, al ser un instrumento de respuestas dicotómicas, el valor de Kuder Richardson fue de 0.71, lo que sugiere una confiabilidad buena.

El cuestionario satisfacción de la consejería nutricional¹⁰, fue adaptado del autor Marcelo¹¹. Los cinco expertos revisaron las 21 preguntas con alternativas en escala de Likert (1: nunca, 2: algunas veces, 3: casi siempre y 4: siempre). El instrumento cuenta con validación V-Aiken de 0.87, se consideró el siguiente baremo: de 50 a 116 deficiente, de 117 a 182 regular y de 183 a 250 alto. Se construyó la escala de valoración para tres niveles (deficiente, regular y alta), siendo la escala de baremación del percentil 33 y 66. Se calculó un alfa de Cronbach fue 0.940, lo cual indica que existe una muy alta fiabilidad¹⁰.

Recopilación de los datos

Se obtuvo el permiso y autorización de los directores de los 3 centros de Salud. Las encuestas fueron aplicadas de forma presencial por dos nutricionistas conocedores en el manejo del cuestionario, con el fin de garantizar la estandarización del proceso y minimizar el sesgo de información. Las madres fueron informadas sobre los objetivos del estudio, participaron de manera voluntaria y firmaron el consentimiento informado antes de responder el cuestionario. La aplicación guiada por los nutricionistas permitió resolver dudas durante la encuesta y asegurar la comprensión uniforme de cada ítem por parte de las participantes.

Se utilizaron los cuestionarios conocimiento sobre alimentación complementaria y satisfacción de la consejería nutricional. Las madres acudieron a la cita programada con el nutricionista, culminado la consejería nutricional, se realizó la entrevista fuera del Centro de Salud, porque en el interior hay avisos, folletos y murales que pueden sesgar el

Tabla 1. Cuestionario de conocimientos sobre alimentación complementaria en niños de 6 a 8 meses

Prácticas ¿Qué cantidad debe comer el niño de 6 a 8 meses cada vez que le da alimentación complementaria? 1-2 cucharadas. 2-3 cucharadas. 3-5 cucharadas. 2-4 cucharadas. ¿Cuántas veces al día se debe alimentar al niño(a) de 6 a 8 meses? 4 veces al día (desayuno/almuerzo/cena + 1 adicional). 5 veces al día (desayuno/almuerzo/cena + 2 adicional). 1 vez al día (almuerzo). 2-3 veces al día (desayuno/almuerzo/cena). ¿Cuál es la consistencia de alimentos que debe de recibir el niño(a) de 6 a 8 meses? - Licuada. - Desmenuzados. - Picado. - Purés. ¿Qué combinación sería la más adecuada para el almuerzo del niño de 6 meses? - Papa + hígado + arroz. - Papa + hígado + sangrecita. - Papa + zapallo + zanahoria. - Papa + zapallo + hígado. ¿Qué tipos de alimentos debe consumir el niño(a) en la alimentación complementaria? - Alimentos de origen vegetal. - Alimentos energéticos, formadores y reguladores. - Alimentos ricos en hierro. - Alimentos ricos en vitamina C. ¿Cuáles son los alimentos ricos en hierro? - Lentejas, pallares. - Betarraga, espinaca. - Pescado, sangrecita. - Pollo, huevo. ¿Cuál es la importancia del suplemento de hierro? - Mejora el crecimiento. - Aumentar de peso. - Prevenir la anemia. - Aumentar el apetito. ¿Cuáles son los beneficios de la alimentación complementaria para el niño(a)? - Riesgo de alergia e intolerancia. - Mejora el vínculo de madre y padre. - Alteraciones motoras. - Mejora la coordinación de reflejos de deglución y nutrición. Cuidados ¿A qué edad el niño(a) debe iniciar la alimentación complementaria? - A los 5 meses de edad. - A los 6 meses de edad. - A los 7 meses de edad. - A los 8 meses de edad.	¿A qué edad el niño(a) está listo(a) para comer los mismos alimentos que consume la familia (Olla Familiar)? - A los 6 meses de edad. - De 9 a 11 meses de edad. - Al cumplir 1 año de edad. - A los 2 años de edad. ¿Porque es importante la alimentación complementaria? - Para el desarrollo de habilidades motoras y de alimentación. - Para estar sano y perder peso. - Para la prevención de deficiencias nutricionales. - Acelera el crecimiento y desarrollo cerebral. Higiene ¿Cómo debe lavarse las manos? - Lavarse con detergente. - Enjuagarse siempre con agua. - Se debe lavar solo cuando están sucias. - Lavarse siempre con agua y jabón. ¿La duración mínima recomendada para el lavado de manos? 10 segundos. 15 segundos. 20 segundos. 30 segundos. ¿En qué momento es necesario lavarse las manos para asegurarse que los alimentos del niño sean libres de contaminantes? - Después de cambiar el pañal. - Antes de preparar los alimentos. - Antes, durante y después de preparar cualquier alimento. - Después de ir al baño. ¿Para alimentar al niño(a) debe tener? - Utensilios desechables. - Sus propios utensilios. - Su biberón. - Utensilios que utilizan toda la familia. ¿Qué se debe realizar antes de dar de comer al niño(a)? - Lavar y desinfectar el biberón. - Mantener limpio y desinfectar la cocina. - Limpiar y desinfectar el lavadero. - Limpiar y desinfectar sus utensilios. - Para evitar que el niño se enferme durante la preparación de los alimentos, se debe de tener en cuenta: - Lavar las manos del niño con agua y jabón. - Cambiar de babero. - La higiene de los alimentos, superficies y equipos. - Recalentar los alimentos. Crecimiento ¿Cuál es la importancia de la alimentación complementaria en el crecimiento del niño? - Para mejorar la conducta del niño. - Para tener una ganancia de peso adecuado. - Es relevante para el desarrollo cognitivo. - Para crecer sano y tener un buen desarrollo adecuado. ¿Cuál es la importancia de una alimentación complementaria adecuada en el estado nutricional del niño? - Poco desarrollo del sistema neuromuscular y cognitivo. - Promover un adecuado crecimiento y desarrollo neurológico. - Proveer la cantidad mínima de nutrientes complementando lo otorgado por la lactancia materna. - Disminuir su sistema inmunitario.
Respuesta: 1.c, 2.d, 3.d, 4.d, 5.b, 6.c, 7.c, 8.d, 9.b,10.c, 11.c, 12.d, 13.c, 14.c, 15.b, 16.d, 17.c, 18.d, 19.b	

nivel de conocimiento de la madre sobre alimentación complementaria.

Al finalizar los cuestionarios las madres recibieron una información escrita sobre alimentación complementaria de interés para reforzar sus conocimientos como agradecimiento por el tiempo dedicado a responder las preguntas para la presente investigación.

La investigación aplicó las normas bioéticas establecidas por la Declaración de Helsinki¹², el Código Nacional de Integridad Científica, emitido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC)¹³. El proyecto fue aprobado con RESOLUCIÓN N°005-2024-D-FAN por la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Análisis estadístico

Se utilizó el Software SPSS 27 para el desarrollo del análisis de datos. Se realizó un análisis descriptivo de los datos. Las variables de la investigación son de tipo ordinal y nominal, por lo tanto, para evaluar la asociación de las variables cualitativas, se empleó la prueba exacta de Fisher. Se consideró significativo a las variables con un valor $p < 0,05$, el nivel de confianza fue del 95%.

RESULTADOS

En la tabla 2, se evidenció que predominaron las madres de edades comprendidas entre 27 a 49 años, la edad promedio fue 27 años (DE=6,11) y el 32% tienen un nivel educativo

Tabla 2. Característica sociodemográfica y su relación con el nivel de conocimiento y el nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria de las madres de niños 6 a 8 meses

Variables sociodemográficas	n	%
Edad de la madre		
18 - 26 años	42	42
27 - 49 años	58	58
Nivel de instrucción		
Primaria completa	7	7
Primaria incompleta	2	2
Secundaria completa	26	26
Secundaria incompleta	11	11
Superior completo	5	5
Superior incompleto	4	4
Técnico completo	32	32
Técnico incompleto	13	13
Ocupación		
Ama de casa	53	53
Comerciante	11	11
Empleada	12	12
Independiente	24	24
Estado civil		
Casada	11	11
Conviviente	71	71
Soltera	18	18

Variables sociodemográficas	n	%
Edad del niño		
6 meses	40	40
7 meses	19	19
8 meses	41	41
Número de hijos		
1 hijo	49	49
2 hijos	18	18
3 hijos	33	33
Centro de salud		
C.S. La Era	34	34
C.S. Moyopampa	30	30
C.S. Nicolás de Piérola	36	36
Nivel de conocimiento sobre alimentación complementaria		
Deficiente	38	38
Regular	42	42
Alto	20	20
Satisfacción de la consejería nutricional		
Deficiente	6	6
Regular	51	51
Alto	43	43
Total	100	100

técnico completo. La ocupación más frecuente es ama de casa y la mayoría vive en unión convivencial. Solo el 33 % de las madres reportó tener tres hijos; entre ellos, el 49 % correspondía al sexo femenino y el 51 % al masculino.

Asimismo, el 42% de las madres obtuvieron un nivel de conocimiento regular, seguido de un 38% con un nivel deficiente sobre la alimentación complementaria. Respecto al nivel de satisfacción de la consejería nutricional el 51% de las madres manifestaron una satisfacción regular y un 43% una satisfacción alta.

En las figuras 1 y 2, los resultados mostraron que, a mayor número de hijos, las madres presentan un mayor nivel de conocimientos sobre la alimentación complementaria, así como una mayor satisfacción con la consejería nutricional ($p = 0,001$).

En la tabla 3, se identificó que el 38 % de las madres presentaba un conocimiento deficiente y un nivel de satisfacción regular con la consejería nutricional, mientras que el 23 % mostró un conocimiento regular y una alta satisfacción. Asimismo, se encontró una relación estadísticamente significativa entre el nivel de conocimiento y el nivel de satisfacción con la consejería nutricional sobre alimentación complementaria en madres de niños de 6 a 8 meses ($p = 0,001$).

En la tabla 4, se observó que, existe relación entre el nivel de conocimiento sobre alimentación complementaria y el nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria ($p < 0,05$), sin embargo, no se en-

contró relación sobre el conocimiento de la cantidad y veces que debe comer el niño, la importancia de la alimentación, la duración mínima del lavado de manos y que debe realizar antes de dar de comer al niño ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN

Muchas de las preparaciones alimentarias para niños menores de un año de vida tienen una baja densidad de energía y nutrientes, lo que puede perjudicar el crecimiento y desarrollo infantil, por ello la importancia de abordar adecuadamente la alimentación complementaria y promover prácticas alimentarias saludables desde una edad temprana para evitar la desnutrición y las reacciones negativas que puede tener en la salud de los niños³.

La investigación reportó que el 42% de las madres obtuvieron un nivel de conocimiento regular, seguido de un 38% con un nivel deficiente sobre la alimentación complementaria. En el estudio de Mihretie¹⁴ halló que el 85% de las madres participantes tenía un nivel de conocimiento elevado, la educación nutricional puede mejorar los conocimientos nutricionales de la madre y puede tener repercusiones positivas sobre el conocimiento¹⁵, por su parte Gizaw et al.¹⁶, encontraron que 52,5% de las madres tenía un alto nivel de conocimientos sobre alimentación complementaria. Otro estudio identificó que el 71,4% obtuvieron un mal conocimiento sobre alimentación complementaria, sólo el 10,7% que tiene un conocimiento bueno¹⁷.

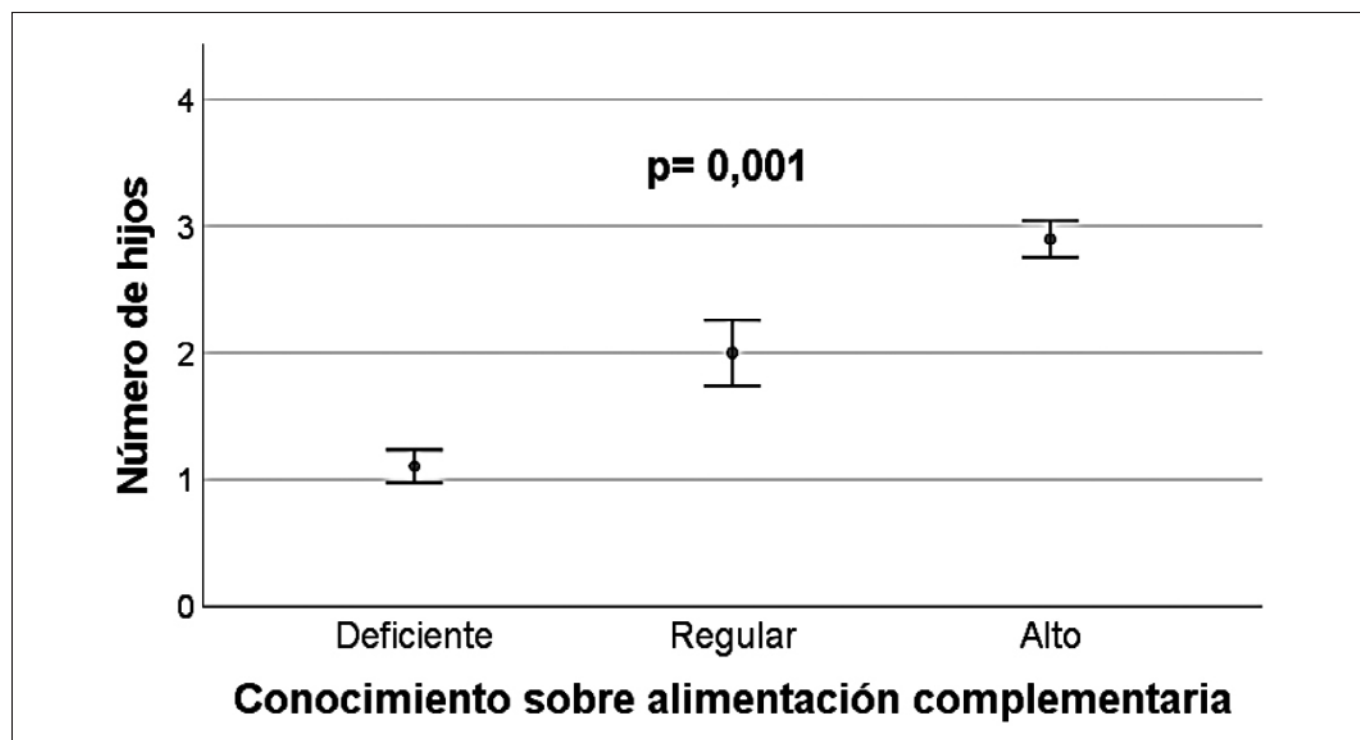


Figura 1. Número de hijos según el nivel de conocimientos sobre alimentación complementaria

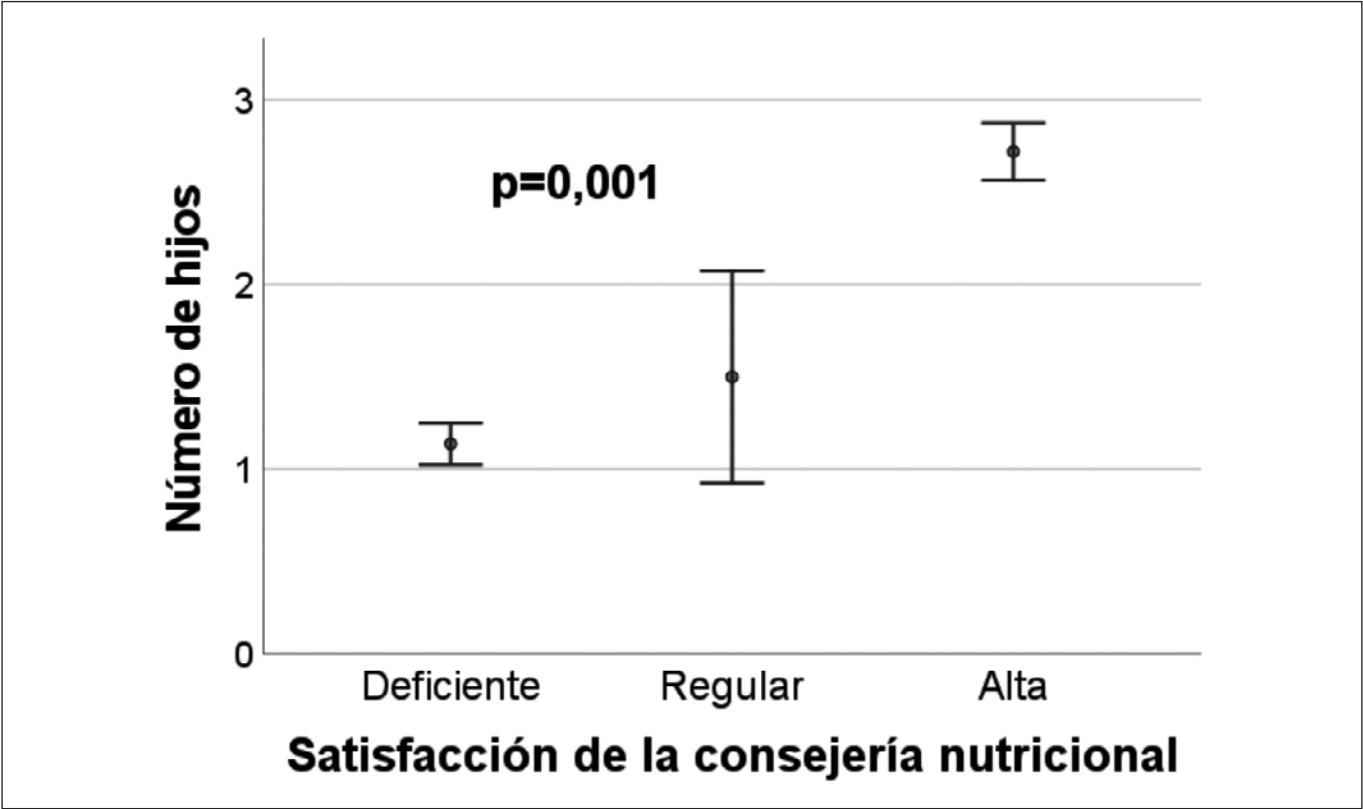


Figura 2. Número de hijos según la satisfacción de la consejería nutricional de las madres

Tabla 3. Relación entre el nivel de conocimiento y el nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria en madres de niños de 6 a 8 meses

		Satisfacción de la consejería nutricional				*p-valor
		Deficiente	Regular	Alto	Total	
		%	%	%		
Nivel de conocimiento alimentación complementaria	Deficiente	0.0	38	0	38	0,001
	Regular	6.0	13	23	42	
	Alto	0.0	0.0	20	20	
	Total	6.0	51	43	100	

* prueba de Fisher, p<0,05.

Existen factores que influyen en el conocimiento materno, entre ellos el nivel educativo, la información recibida y el número de visitas de atención prenatal, el tamaño de la familia y la inseguridad alimentaria del hogar¹⁶. Estos hallazgos implican que las estrategias de intervención nutricional son fundamentales, en particular para mejorar los conocimientos, la actitud y la autoeficacia materna hacia una alimentación complementaria óptima.

Existe una brecha entre el conocimiento, las actitudes y las prácticas de las madres con respecto a la alimentación complementaria. Para abordar estas disparidades dentro de los países y entre ellos se necesitan intervenciones específicas y programas educativos para mejorar la comprensión de las madres, alinear las actitudes con las directrices y promover prácticas más saludables para el bienestar de los niños¹⁸.

Tabla 4. Cuestionario de conocimiento y el nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria en madres de niños de 6 a 8 meses

Conocimiento sobre alimentación complementaria		Satisfacción de la consejería nutricional			p-valor
		Deficiente	Regular	Alto	
		%	%	%	
1. ¿Qué cantidad debe comer el niño de 6 a 8 meses cada vez que se le da alimentación complementaria?	Correcto	41	4	26	0,077
	Incorrecto	10	2	17	
2. ¿Cuántas veces al día se debe alimentar al niño(a) de 6 a 8 meses?	Correcto	36	5	22	0,880
	Incorrecto	15	1	21	
3. ¿Cuál es la consistencia de alimentos que debe de recibir el niño(a) de 6 a 8 meses?	Correcto	38	2	8	0,001
	Incorrecto	13	4	35	
4. ¿Qué combinación sería la más adecuada para el almuerzo del niño de 6 meses?	Correcto	38	2	16	0,001
	Incorrecto	13	4	27	
5. ¿Qué tipos de alimentos debe consumir el niño(a) en la alimentación complementaria?	Correcto	44	4	21	0,001
	Incorrecto	7	2	22	
6. ¿Cuáles son los alimentos ricos en hierro?	Correcto	39	2	10	0,001
	Incorrecto	12	4	33	
7. ¿Cuál es la importancia del suplemento de hierro?	Correcto	38	1	7	0,001
	Incorrecto	13	5	36	
8. ¿Cuáles son los beneficios de la alimentación complementaria para el niño(a)?	Correcto	38	3	9	0,001
	Incorrecto	13	3	34	
9. ¿A qué edad el niño(a) debe iniciar la alimentación complementaria?	Correcto	37	0	2	0,001
	Incorrecto	14	6	41	
10. ¿A qué edad el niño(a) está listo(a) para comer los mismos alimentos que consume la familia (Olla Familiar)?	Correcto	42	2	7	0,001
	Incorrecto	9	4	36	
11. ¿Por qué es importante la alimentación complementaria?	Correcto	41	5	28	0,191
	Incorrecto	10	1	15	
12. ¿Cómo debe lavarse las manos?	Correcto	35	0	5	0,001
	Incorrecto	16	6	38	
13. ¿La duración mínima recomendada para el lavado de manos?	Correcto	41	5	33	0,921
	Incorrecto	10	1	10	
14. ¿En qué momento es necesario lavarse las manos para asegurarse que los alimentos del niño estén libres de contaminantes?	Correcto	35	2	7	0,001
	Incorrecto	16	4	36	
15. ¿Para alimentar al niño(a) debe tener?	Correcto	34	1	8	0,001
	Incorrecto	17	5	35	
16. ¿Qué se debe realizar antes de dar de comer al niño(a)?	Correcto	41	5	32	0,852
	Incorrecto	10	1	11	
17. Para evitar que el niño se enferme durante la preparación de los alimentos, se debe de tener en cuenta:	Correcto	36	4	12	0,001
	Incorrecto	15	2	31	
18. ¿Cuál es la importancia de la alimentación complementaria en el crecimiento del niño?	Correcto	40	2	12	0,001
	Incorrecto	11	4	31	
19. ¿Cuál es la importancia de una alimentación complementaria adecuada en el estado nutricional del niño?	Correcto	37	2	8	0,001
	Incorrecto	14	4	35	

* Prueba de Fisher, $p < 0,05$.

Otros resultados de la investigación encontraron que el nivel de satisfacción de la consejería nutricional fue 51% regular y un 43% una satisfacción alta. Al respecto, Dolores et al.¹⁹, en sus hallazgos encontraron que el grado de satisfacción de las mamás por la consejería recibida fue de un nivel regular (45%), seguido por un nivel bajo (32%). Los conocimientos tradicionales de los hogares se logran superponer a los conocimientos brindados por los médicos o profesionales sanitarios, donde las participantes de mayor edad tienen la predisposición a informarse a través de charlas o consejerías a diferencia de los más jóvenes que busca en Internet información acerca de la introducción de alimentos sólidos²⁰. Es responsabilidad de los profesionales de la salud transmitir la información actualizada sobre la alimentación infantil adecuada a las madres/cuidadores para promover la alimentación complementaria saludable del lactante²¹.

El presente estudio encontró que el 51% de las madres tenía más de un hijo, y que, a mayor número de hijos, se asociaba un nivel alto de conocimientos sobre la alimentación complementaria, así como una mayor satisfacción con la consejería nutricional recibida ($p=0,001$). Estos resultados sugieren que la experiencia materna acumulada con cada hijo contribuye al aprendizaje y mejora de prácticas alimentarias. Al respecto, Mitra et al.¹⁵, hallaron que el 80% de las madres habían tenido más de un hijo (80%) y encontró resultados satisfactorios vinculados a la educación nutricional, que influyó sobre el conocimiento de las madres luego de recibir charlas de consejería. Las madres tienden a adquirir mayores habilidades y conocimientos respecto al cuidado infantil, incluyendo la alimentación complementaria cuando tienen dos o más hijos, debido a su experiencia previa. Esto puede explicar por qué en el presente estudio se observa un mayor conocimiento nutricional en madres con más de un hijo.

El estudio evidenció que existe relación entre el nivel de conocimiento y el nivel de satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria en madres de niños 6 a 8 meses ($p=0,001$).

La consultoría nutricional ofrecida por el personal de nutrición debe centrarse en la educación para la salud y la búsqueda de estrategias que faciliten el proceso de introducción de la alimentación complementaria a través de un servicio de calidad, en el que se busca la satisfacción de la madre. Las estrategias de salud en la alimentación complementaria se deben orientar de manera oportuna, para prevenir la obesidad en la primera infancia y el desarrollo de enfermedades no infecciosas²².

Por otro lado, la consejería familiar sobre alimentación complementaria mejora significativamente el conocimiento, las actitudes y los comportamientos relacionados con las prácticas de alimentación complementaria de las madres, cuando estas prácticas se alinean con los estándares y recomendaciones establecidos por las autoridades sanitarias, pue-

den satisfacer eficazmente las necesidades nutricionales de los niños de 6 a 24 meses²³.

Es necesario que los centros de salud lleven a cabo actividades de sesiones educativas y demostrativas nutricionales para mejorar los conocimientos de los profesionales sanitarios y de las madres o cuidadores. El personal de salud debe proporcionar información periódica y permanente sobre alimentación complementaria a las madres especialmente de bajo nivel educativo²⁴ y a los que tienen hijos únicos para tener niños sanos e inteligentes.

CONCLUSIÓN

Las madres tienen un regular conocimiento sobre alimentación complementaria y satisfacción de la consejería nutricional y adquieren más conocimientos cuando tienen más hijos. Es responsabilidad del profesional de la salud nutricional brindar sesiones educativas y demostrativas sobre alimentación complementaria para lograr un aprendizaje significativo en las madres o cuidadores y también deben lograr una satisfacción óptima de la consejería nutricional mediante las estrategias educativas para forjar conocimientos sobre alimentación complementaria a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Centros de Salud por el apoyo en las coordinaciones durante la investigación.

REFERENCIAS

1. Organización Panamericana de la Salud. Lactancia materna y alimentación complementaria - OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud. 2023. <https://www.paho.org/es/temas/lactancia-materna-alimentacion-complementaria>
2. Swanepoel L, Henderson J, Maher J. Mothers' experiences with complementary feeding: Conventional and baby-led approaches. *Nutr Diet*. 2019;77(3):373-81. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12566>
3. Ramos R, García M. Prácticas alimentarias y migración: los capitales de Bourdieu en la experiencia de una localidad mexicano-guatemalteca en el sur de México. *Estud Soc Rev Aliment Contemp Desarro Reg*. 2021;31(58). <https://doi.org/10.24836/es.v31i58.1169>
4. OMS. Alimentación del lactante y del niño pequeño. 2023. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/infant-and-young-child-feeding>
5. CEPAL. Malnutrición en niños y niñas en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2018. <https://www.cepal.org/es/enfoques/malnutricion-ninos-ninas-america-latina-caribe>
6. El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF]. La mala alimentación perjudica la salud de los niños en todo el mundo, advierte UNICEF. 2019. <https://www.unicef.org/es/comu>

- nicados-prensa/la-mala-alimentaci%C3%B3n-perjudica-la-salud-de-los-ni%C3%B1os-en-todo-el-mundo-advierte
7. Tokumura Carolina, Mejía Evelyn. Anemia infantil en el Perú: en el baúl de los pendientes. *Rev Med Hered.* 2023; 34(1): 3-4. <http://dx.doi.org/10.20453/rmh.v34i1.4445>.
 8. INEI. Lactancia, nutrición y desarrollo infantil temprano de niñas y niños y nutrición de mujeres. En 2019. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1838/pdf/cap009.pdf
 9. MINSA. Guías alimentarias para niñas y niños menores de 2 años de edad. 2021. <https://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/5492.pdf>
 10. Villarroel Alarcon, G, Mendoza Zumba, C Conocimiento y satisfacción de la consejería nutricional sobre la alimentación complementaria en madres de niños de 6 a 8 meses, Lurigancho, 2024. [Internet]. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle; 2025. <https://repositorio.une.edu.pe/entities/publication/474b4920-b61d-4864-9855-576992adb16a>
 11. Marcelo A. Satisfacción de la consejería nutricional y mensajes claves recordados sobre alimentación complementaria en madres que asisten a un Centro de Salud- Lima. [Tesis de Licenciatura]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2022. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17974>
 12. Manzini JL. Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioética.* 2000; 6(2):321-34.
 13. CONCYTEC. Código Nacional de Integridad Científica, emitido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2019. Perú. <https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/Codigo-integridad-cientifica.pdf>
 14. Mihretie Y. Maternal Knowledge on Complementary Feeding Practice and Nutritional Status of Children 6-23 Month in Jiggiga Town. *Glob J Nutr Food Sci.* 2018;1(2):1-12
 15. Mitra M, Susmaneli H, Septiani W, Nurlis N. Effect of Nutritional Education on Improving Mother's Knowledge and Nutritional Status of Malnourished Toddlers in Pekanbaru City Indonesia. *Int J Sci Basic Appl Res IJSBAR.* 2020;53(2):244-53.
 16. Gizaw AT, Sopory P, Sudhakar M (2023) Determinants of knowledge, attitude and self-efficacy towards complementary feeding among rural mothers: Baseline data of a cluster-randomized control trial in South West Ethiopia. *PLOS ONE* 18(11): e0293267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293267>
 17. Villacís Martínez, LC, y Fernández Soto, GF. Comprensión del conocimiento de las madres sobre la alimentación complementaria y la evaluación antropométrica de los lactantes. *Sapienza: Revista Internacional de Estudios Interdisciplinarios.* 2025; 6 (2), e25021. <https://doi.org/10.51798/sijis.v6i2.970>
 18. Dwijayanti, Ira et al. "Explorando los conocimientos, las actitudes y las prácticas de alimentación complementaria de las madres de todo el mundo: Una revisión exploratoria". *Nutrition* 120. 2023: 112335. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112335>
 19. Dolores G, Liria R, Espinoza S. Satisfacción materna de la consejería en suplementación infantil con hierro realizada por el personal de salud. *An Fac Med.* 7 de junio de 2018;79(1):29. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v79i1.14589>
 20. Forero Y, Acevedo M, Hernández J, Morales G. La alimentación complementaria: Una práctica entre dos saberes. *Rev Chil Pediatría.* octubre de 2018;89(5):612-20. <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062018005000707>
 21. Parvin, Rexona et al. "Conocimientos y prácticas de las madres lactantes respecto a la alimentación complementaria". *Archivo de la Revista Internacional de Ciencias Biológicas y Farmacéuticas.* 2021, 02(02), 060–071. <https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2021.2.2.0098>
 22. ES Oliveira, MVLML Cardoso, MMCO Lopes, AF di Moura, GM de Melo, DT Oliveira, SGM Girão, CM Bezerra, Conocimiento de los padres sobre alimentación complementaria: una revisión integradora. *Revista Europea de Salud Pública.* 2020; 30 (5) ckaa 166.205. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa166.205>
 23. Arifa YZ, Susanto T, Rasni H, Fauziah W. El uso de la consejería sobre alimentación complementaria en familias para satisfacer las necesidades nutricionales de niños de 6 a 24 meses: Una revisión bibliográfica. *JRCNP.* 2024; 2(2):215-33. <https://doi.org/10.58545/jrcnp.v2i2.314>
 24. Maidelwita Y, Sansuwito T bin, Arifin Y, Poddar S. El impacto de la asesoría nutricional en las prácticas de alimentación complementaria y el estado nutricional infantil en el Centro de Salud Pakan Rabaa Solok Selatan de Indonesia. *Revista Malaya de Enfermería.* 2022; 14(2):20-5. <https://doi.org/10.31674/mjn.2022.v14i02.004>

Ingesta de polifenoles y riesgo cardiovascular en estudiantes de una universidad pública, Lima - Perú

Polyphenol intake and cardiovascular risk in students of a public university, Lima – Perú

Jean Marcos SULCA MEDINA¹, Oscar Gustavo HUAMAN GUTIERREZ², Luis Pavel PALOMINO QUISPE³

1 Maestría en Nutrición con mención en Nutrición Clínica - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

2 Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3 Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 19/junio/2025. Aceptado: 22/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades cardiovasculares constituyen un problema de salud pública, la ingesta adecuada de polifenoles podría considerarse como un factor protector; sin embargo, existe poca evidencia para establecerse como una recomendación nutricional.

Objetivo: Evaluar la relación de la ingesta de polifenoles con el riesgo cardiovascular en estudiantes de la Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle la Cantuta de Lima.

Materiales y Métodos: Investigación de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, transversal y de alcance correlacional-causal. La muestra estuvo constituida por 109 estudiantes de ambos sexos de una universidad de Lima-Perú. Para determinar la ingesta de polifenoles se utilizó un instrumento validado y aplicado en el Instituto Nacional de Investigación para la Agricultura, la Alimentación y el Medio Ambiente de Francia (INRAE), el cual fue complementado con el registro dietético de 24 horas. Asimismo, para identificar el riesgo cardiovascular se utilizó el Score de Framingham (bajo, moderado y alto riesgo) y la perímetro abdominal (bajo, alto y muy alto riesgo). Para analizar la relación de las variables, se utilizó la prueba de correlación de Spearman.

Resultados: La ingesta de polifenoles fue de 615 mg/día. El 10% de los evaluados presentó un moderado riesgo con el Score de Framingham, y el 90% presentó bajo riesgo; mientras en el perímetro abdominal presentó un 58 % bajo riesgo, y el 21% muy alto riesgo. Al evaluar la relación de la ingesta de polifenoles con el Score de Framingham se obtuvo una correlación inversa débil ($Rho -0,352$) pero significativa ($p < 0,05$). Asimismo, al relacionar la ingesta de polifenoles con el perímetro abdominal, se obtuvo una correlación inversa débil ($Rho -0,369$) pero significativa ($p < 0,05$).

Conclusión: La ingesta de polifenoles tiene una relación inversa y significativa con el riesgo cardiovascular; es decir a mayor ingesta de polifenoles, el riesgo cardiovascular será menor.

PALABRAS CLAVE

Hábitos alimentarios, biomarcadores, salud pública, antioxidantes, universitarios, factores dietéticos.

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular diseases constitute a public health problem, and adequate polyphenol intake could be considered a protective factor. However, there is little evidence to establish this as a nutritional recommendation.

Objective: To evaluate the relationship between polyphenol intake and cardiovascular risk in students at the Enrique Guzmán y Valle la Cantuta National University in Lima.

Materials and Methods: This research used a quantitative approach, a non-experimental, cross-sectional, and cor-

Correspondencia:

Jean Marcos Sulca Medina
jeanmarcosulca@gmail.com

relational-causal approach. The sample consisted of 109 male and female students from a university in Lima, Peru. Polyphenol intake was determined using a validated instrument implemented at the French National Research Institute for Agriculture, Food, and the Environment (INRAE), which was complemented by a 24-hour dietary record. Cardiovascular risk was also identified using the Framingham Score (low, moderate, and high risk) and waist circumference (low, high, and very high risk). To analyze the relationship between the variables, the Spearman test was used.

Results: Polyphenol intake was 615 mg/day. Ten percent of those evaluated presented a moderate risk with the Framingham Score, and 90% presented a low risk; while waist circumference was 58% low risk, and 21% very high risk. When evaluating the relationship between polyphenol intake and the Framingham Score, a weak ($Rho = -0.352$) but significant ($p < 0.05$) inverse improvement was found. Likewise, when polyphenol intake was related to waist circumference, a weak ($Rho = -0.369$) but significant ($p < 0.05$) inverse compensation was found.

Conclusion: Polyphenol intake has an inverse and significant relationship with cardiovascular risk; that is, the higher the polyphenol intake, the lower the cardiovascular risk.

KEYWORDS

Eating habits, biomarkers, public health, antioxidants, university students, dietary factors.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) constituyen un problema de salud pública según la OMS, siendo la principal causa de muerte en el mundo. Para el 2019 alcanzó 17,9 millones de personas, esta mortalidad fue debida a las enfermedades coronarias y a los accidentes cardiovasculares representando un 85% del total de las defunciones¹.

Asimismo, en el Perú las ECV lideran como la segunda causa de muerte, representando un 17,8% de mortalidad a nivel nacional entre 2014 - 2016, encabezando la cardiopatía isquémica para ambos sexos², por lo que sus efectos perjudiciales pueden expresarse generando un infarto al miocardio y accidentes cerebrovasculares^{1,3,4}.

Debido a las propiedades cardiovasculares y antiinflamatorias varios alimentos, rico en fitonutrientes, han sido un factor protector en diferentes poblaciones, europea mediterránea y japonesa para las enfermedades cardiovasculares⁵. Entre los fitonutrientes, los polifenoles han sido los más estudiados^{6,7}. En un trabajo se reportó la relación inversa entre la ingesta de polifenoles y el riesgo cardiovascular empleando diferentes métodos de evaluación⁸.

En este contexto en Europa y Asia, la media del consumo de polifenoles totales puede estimarse en torno a 1 - 3 g/día⁹,

sin embargo, las pruebas siguen siendo escasas para establecer una recomendación sobre la ingesta diaria de polifenoles en la población peruana, por lo que urge la necesidad de conocer la ingesta de polifenoles totales tomando en cuenta la variedad de alimentos de la zona, y así obtener los beneficios de su consumo^{8,10}.

La presente investigación tuvo como finalidad, evaluar la relación de la ingesta de polifenoles totales con el riesgo cardiovascular en estudiantes de la Facultad de agropecuaria y Nutrición de la universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle la Cantuta, Lima – 2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo es de enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, transversal y correlacional-causal.

La población del estudio estuvo constituida por 150 estudiantes de ambos sexos, con una edad de 20 a 39 años, de una Universidad pública de Lima-Perú en el periodo 2023. El tamaño de muestra fue de 109 personas, obtenido mediante la fórmula para estudios correlaciones de una población finita:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{(N-1)E^2 + Z^2 pq}$$

En el estudio fueron incluidos los estudiantes de la Facultad de Agropecuaria y Nutrición matriculados en el semestre académico 2023-II, quienes tuvieron una dieta omnívora (sin restricción de algún alimento) y que frecuentemente acudieron al comedor universitario. Se excluyeron a los estudiantes con alguna discapacidad física, que presentaran alguna comorbilidad relacionada con la diabetes, anemia, VIH, neoplasia, gestantes y madres lactantes. Se empleó un muestreo probabilístico aleatorio simple.

Para evaluar la **ingesta de polifenoles totales**, se utilizó la herramienta creada por Hinojosa-Nogueira eat, 2021, que hicieron uso de la base de datos Phenol-Explorer desarrollado en el Instituto Nacional de Investigación para la Agricultura, la Alimentación y el Medio Ambiente de Francia (INRAE), la cual fue trasladada en una hoja de cálculo Excel en formato de registros dietéticos de 24 horas, los cuales se recopilaron en tres jornadas académicas distintas durante el periodo de las clases universitarias (de lunes a sábados)^{11,12}. Los participantes fueron encuestados por un nutricionista capacitado en la toma de datos del registro de consumo de alimentos, y se utilizó fotografías de réplicas alimentarias de tamaño real de las porciones, finalmente el contenido total de polifenoles se expresó en mg/100 g de alimentos.

El **riesgo cardiovascular** se determinó por el score de Framingham y el perímetro abdominal. El **score de Framingham** está constituido por los siguientes indicadores:

- Presión arterial sistólica (PAS) (tensiómetro digital de brazo Omron-HEN-7120), en mmHg.
- El IMC se obtuvo mediante el peso (kg) (báscula OMROM HBF – 514C) y la talla (m²) (estadiómetro marca SECA 213).
- El sexo: masculino/femenino
- Edad (años): de 20 a 59 años.
- Usa tratamiento antihipertensivo: Si/No.
- Diagnóstico de diabetes mellitus: Si/No.
- Fumador: Si/No.

Dicho score se categoriza en bajo riesgo ($\leq 12\%$), moderado riesgo (13-39%) y alto riesgo ($\geq 40\%$)^{13,14}.

El **perímetro abdominal** (cm) en hombres y en mujeres, se midió haciendo uso de la cinta antropométrica no elástica acerada de 0,1 cm de sensibilidad y 150 cm de tope (Lufkin), dicho resultado fue categorizado en bajo riesgo (< 94 cm en hombres, < 80 cm en mujeres), con alto riesgo (≥ 94 cm en hombres, ≥ 80 cm en mujeres) con muy alto riesgo (≥ 102 cm en hombres, ≥ 88 cm en mujeres), tomando en cuenta los procedimientos e indicadores establecidos en la Guía Técnica para la Valoración Antropométrica de la Persona Adulta del Instituto Nacional de Salud (INS, de Perú)¹⁵.

Análisis estadísticos: Se realizó el análisis descriptivo de los datos, se obtuvo la media, desviación estándar, las frecuencias, porcentajes y gráficas de los datos sociodemográficos de los participantes. Se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov a las variables del estudio; dando como resultado que una distribución asimétrica a la ingesta de polifenoles presento y score de Framingham ($p < 0,05$), mientras que el perímetro abdominal presentó una distribución simétrica ($p > 0,05$).

Para comprobar la hipótesis general de la investigación, se utilizó la estadística no paramétrica (correlación de Spearman), donde se evaluó la relación de las variables ingesta de polifenoles totales y el riesgo cardiovascular (**score de Framingham** y **perímetro abdominal**); comparando los resultados a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. El procesamiento de los datos se realizó mediante el software estadístico IBM SPSS versión 27.

El presente estudio cuenta con la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (acta N° 0206 – 2023), de igual modo se contó con la autorización de la Facultad de Agropecuaria y Nutrición de la universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle (MEMORANDO N° 0091-2023-DANH-FAN). Por medio del consentimiento informado, el estudiante decidió participar voluntariamente en la investigación y se les asignaron códigos para mantener su confidencialidad.

RESULTADOS

Se evaluaron 109 estudiantes de la Facultad de Agropecuaria y Nutrición de una Universidad pública, de las cuales el (41%) fueron alumnos del 1er año. El mayor porcentaje de los encuestados perteneció a los estudiantes de Agropecuaria (37 %) (Tabla 1).

En la tabla 2, se observa que el mayor número de personas evaluadas fue de sexo femenino (52%). El rango de la edad predominante fue de 18 a 25 años (73%). Casi todos (90%) presentaron un riesgo con el Score de Framingham, y bajo riesgo (58%) para perímetro abdominal.

La distribución del consumo de polifenoles, detallada en la Tabla 3, revela una alta prevalencia de ingesta inadecuada de polifenoles, incluso entre los participantes con bajo riesgo cardiovascular, según el score de Framingham (53.2%), y perímetro abdominal dentro de rangos normales (32.1%). Esta tendencia de ingesta inadecuada de polifenoles se mantuvo en los niveles de mayor riesgo.

Tabla 1. Característica sociodemográfica de universitarios de la facultad de agropecuaria y nutrición

Características		N	%
Escuela Profesional	Desarrollo Ambiental	31	28,00
	Industria Alimentaria y Nutrición	25	23,00
	Agropecuaria	40	37,00
	Nutrición Humana	13	12,00
Procedencia	Chosica	49	45,00
	Chaclacayo	16	14,70
	Ate	27	24,80
	Santa Anita	9	8,30
	San Juan de Lurigancho	3	2,80
	Centro de Lima	3	2,80
	Villa el Salvador	2	1,80
Año de estudio	1er año	45	41,00
	2do año	36	33,00
	3er año	14	13,00
	4to año	10	9,00
	5to año	4	4,00

Tabla 2. Frecuencia de los componentes del Riesgo cardiovascular en universitarios de la Facultad de Agropecuaria y Nutrición

Riesgo cardiovascular	N	%
Sexo		
Masculino	52	48,0
Femenino	57	52,0
Edad (años)		
18 a 25	80	73,0
26 a 32	29	27,0
Fumador		
Si	31	28,0
No	78	72,0
Tratamiento para hipertensión		
Si	2	2,0
No	107	98,0
Diabético		
Si	2	2,0
No	107	98,0
Índice de masa corporal		
Normal	57	52,0
Sobre peso	38	35,0
Obesidad	14	13,0
Nivel de presión sistólica		
Muy bajo	56	51,0
Bajo	22	20,0
Moderado	26	24,0
Alto	5	5,0
Score de Framingham		
Bajo	98	90,0
Moderado	11	10,0
Nivel de perímetro abdominal		
Bajo riesgo	63	58,0
Alto riesgo	23	21,0
Muy alto riesgo	23	21,0

Tabla 3. Frecuencia del riesgo cardiovascular y el consumo de polifenoles en universitarios de la Facultad de Agropecuaria y Nutrición

Riesgo cardiovascular	Consumo de polifenoles	
	Adecuada N° (%)	Inadecuada N° (%)
Score Framingham		
Bajo	40 (36.7)	58 (53.2)
Moderado	1 (0.9)	10 (9.2)
Perímetro abdominal		
Bajo	28 (25,7)	35 (32.1)
Alto	6 (5.5)	17 (15.6)
Muy alto	7 (6.4)	16 (14.7)

Al analizar la correlación del riesgo cardiovascular a través del Score de Framingham y perímetro abdominal con la ingesta de polifenoles totales, se observó una correlación negativa pero débil, pero significativa ($p < 0,05$) (Tabla 4).

DISCUSIÓN

La relación entre la ingesta de polifenoles y el riesgo cardiovascular es un área de investigación creciente que ha generado interés debido a los potenciales efectos protectores de estos compuestos bioactivos. EL presente estudio mostró una ingesta mediana de 615 mg/día de polifenoles totales, lo que coincide con valores similares con los países de Latinoamérica como Argentina, México y Brasil, que reportaron valores inferiores a 1 g/día^{16,17}.

Tras la prueba de correlación de Spearman, entre el consumo de polifenoles totales y el Score de Framingham, se observó una correlación inversa ($Rho = -0,352$). Asimismo, entre el consumo de polifenoles totales y el perímetro abdominal, ($Rho = -0,369$) llegando a ser significativa. Estos hallazgos coinciden con investigaciones anteriores, como la llevada a cabo por Rubín-García et al., (2022), donde realizaron un estudio transversal, conformado por 6.633 participantes y evaluaron la ingesta de polifenoles en la dieta, a través de un cuestionario de frecuencia alimentaria y se encontró una asociación inversa ($p < 0,001$) entre el consumo de otros polifenoles con el riesgo cardiovascular¹⁸.

Asimismo, Adriouch et al. (2018) llevaron a cabo un estudio de cohorte observacional prospectivo con más de 84.157 participantes jóvenes y adultos. La ingesta de polifenoles se evaluó mediante recordatorios de 24 horas entre mayo de 2009 y junio de 2017. Para medir el riesgo cardiovascular, se recolectó información autoadministrada sobre edad, peso, ta-

Tabla 4. Ingesta de polifenoles totales relacionado con el riesgo cardiovascular en universitarios de la Facultad de Agropecuaria y Nutrición

Riesgo cardiovascular	Ingesta de polifenoles totales* (mg/día)			Rho	P-valor***
	Mediana (RIC)	L. inferior	L. superior		
Framingham*	615 (363)	322	1473	-0,352	0,000
Perímetro abdominal**				-0,369	0,000

* Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$). ** Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$). *** Coeficiente de Correlación de Spearman.

lla, tabaquismo, nivel de actividad física y eventos de salud, datos que fueron posteriormente validados por los médicos. Los resultados mostraron una asociación inversa significativa entre la ingesta total de polifenoles y el riesgo de enfermedad cardiovascular ($p = 0,03$), concluyendo que una mayor ingesta de polifenoles se asocia con una disminución del riesgo de estas enfermedades cardiovasculares¹⁹.

En línea con estos hallazgos, López et al. (2025) reportaron en una revisión sistemática que la administración diaria de 350 a 500 mg de polifenoles durante periodos de 4 a 16 semanas en adultos con obesidad condujo a reducciones estadísticamente significativas en biomarcadores inflamatorios como la proteína C reactiva (-28%), interleucina 6 (-24%), factor de necrosis tumoral alfa (-20%) y niveles de endotoxemia (-22%) ($p < 0,01$)¹. Estos resultados son especialmente relevantes dado que la inflamación crónica de bajo grado y la endotoxemia están implicadas en la fisiopatología de la enfermedad cardiovascular. Aunque el estudio no contempló desenlaces clínicos, sus hallazgos refuerzan la evidencia sobre el potencial efecto modulador de los polifenoles en procesos biológicos vinculados al riesgo cardiovascular. Además, coinciden con estudios previos que destacan los efectos antioxidantes, antiinflamatorios y vasodilatadores de los flavonoides²⁰.

Además, se ha observado en la cohorte del Estudio Takayama, llevado a cabo por Taguchi et al. (2020), donde incluyeron a 29.079 sujetos mayores de 35 años y la ingesta de polifenoles se evaluó con el uso de un cuestionario semicuantitativo de frecuencia de alimentos (FFQ), de la misma forma respondieron otro cuestionario autoadministrado, que incluía preguntas sobre sus características demográficas, estado de tabaquismo, ingesta de alcohol, dieta, antecedentes de diabetes e hipertensión, IMC, actividad física e historial médico y reproductivo, donde finalmente encontraron una asociación ($P = 0,05$) entre la mayor ingesta de polifenoles sobre la reducción de la mortalidad por enfermedad cardiovascular²¹.

En un estudio realizado por Vázquez et al. (2022), se llevó a cabo una cohorte prospectiva que incluyó a casi 23,000 graduados universitarios españoles durante un periodo de 10 años. La ingesta dietética de polifenoles se eva-

luó repetidamente mediante un cuestionario de frecuencia de alimentos validado de 136 ítems, obtenidas de la base de datos Phenol-Explorer. La incidencia de enfermedades cardiovasculares (ECV) incluyó infartos de miocardio diagnosticados por los médicos utilizando criterios universales. Los eventos de ECV también fueron autoinformados por los pacientes a través de cuestionarios de seguimiento²².

Las limitaciones del estudio fue la estimación de polifenoles, ya que no todos los alimentos estaban incluidos en la base de datos. La tabla peruana de composición química y nutricional de alimentos no incluye el contenido de polifenoles, por ese motivo se tomó como referencia la base de datos de Phenol-Explorer que fue desarrollada en Francia. Asimismo, no se evaluó el perfil bioquímico de los participantes del estudio.

CONCLUSIÓN

La ingesta de polifenoles presenta una relación inversa débil, pero significativa con el riesgo cardiovascular evaluados por el score de Framingham y el perímetro abdominal; sin embargo, la baja magnitud del coeficiente rho sugiere que su interpretación clínica debe abordarse con prudencia. Por consiguiente, resulta indispensable realizar estudios adicionales que profundicen el comportamiento de las variables estudiadas, con el fin de definir con mayor precisión el impacto real de los polifenoles sobre la salud cardiovascular.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle la Cantuta.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades cardiovasculares [Internet]. 2019 [citado 06 de diciembre del 2023]. Disponible en: <http://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases> (cvds).
2. Ministerio de Salud del Perú. Análisis de situación de salud del Perú 2018 [Internet]. 1° ed. Lima: Biblioteca Nacional del Perú; 2019 [citado 06 de diciembre del 2023]. 59 p. Disponible en: https://www.dge.gob.pe/portal/docs/asis/Asis_peru19.pdf

3. Revueltas M, Benítez M, Hinojosa M, et al. Caracterización de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares. *AMC Camagüey* [Internet]. 2021 [citado 04 de diciembre 2023]; 25(1): 14. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102502552021000100003&lng=es&tlng=es
4. Manni D, Yorio M, Lagrutta N, et al. Estilo de vida y factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios. *Actual Nutri.* [Internet]. 2022 [citado 06 de diciembre del 2023]; 23: 3. Disponible en: <https://doi.org/10.48061/SAN.2022.23.3.138>
5. Vasconcelos M, Nogueira L, Freitas E, et al. Consumption of rich/enrich phytonutrients food and their relationship with health status of population. In: *Functional Foods and Nutraceuticals* [Internet]. 1° ed. Cambridge: Woodhead Publishing; 2019. p. 67-101. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03527-9>
6. Giglio R, Patti A, Cicero A, et al. Polyphenols: potential use in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. *Curr Pharm Des.* 2018;24(2):239-58. Disponible en: <https://doi.org/10.2174/1381612824666180130112652>
7. Rubín M, Vitelli F, Toledo E, et al. Ingesta de polifenoles y riesgo cardiovascular en el ensayo PREDIMED-Plus: una comparación de diferentes ecuaciones de riesgo. *Revista española de cardiología* [Internet]. 2022 [citado 28 de diciembre del 2023]; 75(5): 401-411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.024>
8. Castro S, Tresserra A, Vitelli F, et al. Dietary polyphenol intake is associated with HDL-cholesterol and a better profile of other components of the metabolic syndrome: a PREDIMED-Plus sub-study. *Nutrients.* 2020; 12(3): 689. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu12030689>
9. Tresserra A, Lamuela R.M, Moreno J. Polyphenols, food and pharma. current knowledge and directions for future research. *Biochemical Pharmacology* [Internet]. 2018 [citado 25 de diciembre 2023]; 156: 186-195. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2018.07.050>
10. Tresserra A, Rimm E. B, Medina A, et al. Inverse association between habitual polyphenol intake and incidence of cardiovascular events in the PREDIMED study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases.* 2014; (6): 639-647. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2013.12.014>
11. Hinojosa D, Pérez S, García I, et al. A useful and simple tool to evaluate and compare the intake of total dietary polyphenols in different populations. *Public Health Nutrition* [Internet]. 2021 [citado 28 de diciembre 2023]; 24(12): 3818-3824. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S136898002100183X>
12. Rothwell JA, Urpi M, Boto M, et al. Phenol-Explorer 2.0: a major update of the Phenol-Explorer database integrating data on polyphenol metabolism and pharmacokinetics in humans and experimental animals. *Database (Oxford).* 2012; 2 - 6. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/database/bas031>
13. Pencina M, Agostino R, Larson MG, et al. Predicting the 30-year risk of cardiovascular disease: the Framingham Heart Study. *Circulation* [Internet]. 2009 [citado 28 de diciembre 2023]; 119(24): 3078 - 3084. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.816694>
14. Framingham Heart Study. Cardiovascular Disease (30-year risk) [Internet]. Massachusetts: [citado el 02 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.framinghamheartstudy.org/fhs-risk-functions/cardiovascular-disease-30-year-risk/>
15. Instituto Nacional de Salud. Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la persona adulta [Internet]. 1° ed. Lima: Biblioteca Nacional del Perú; 2012 [citado 06 de diciembre del 2023]. 18 p. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/314114-guia-tecnica-para-la-valoracion-nutricional-antropometrica-de-la-persona-adulta>
16. Rosli H, Kee Y, Shahar S. Dietary polyphenol intake associated with adiposity indices among adults from low to medium socioeconomic status in a suburban area of kuala lumpur: a preliminary findings. *Malays J Med Sci* [Internet]. 2019 [citado 28 de diciembre 2023]; 26(6):67-76. Disponible en: <https://doi.org/10.21315/mjms2019.26.6.7>
17. Zamora R, Cayssials V, Jenab M, et al. Dietary intake of total polyphenol and polyphenol classes and the risk of colorectal cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) Cohort. *European Journal of Epidemiology* [Internet]. 2018 [citado 28 de diciembre 2023]; 33: 1063-1075. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10654-018-0408-6>
18. Rubín M, Vitelli F, Toledo E, et al. Ingesta de polifenoles y riesgo cardiovascular en el ensayo PREDIMED-Plus. una comparación de diferentes ecuaciones de riesgo. *Revista española de cardiología* [Internet]. (2022) [citado 28 de diciembre 2023];. 75(5): 401-411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.024>
19. Adriouch S, Lampuré A, Nechba A, et al. Prospective association between total and specific dietary polyphenol intakes and cardiovascular disease risk in the Nutrinet-Santé French cohort. *Nutrients* [Internet]. 2018 [citado 27 de diciembre 2023]; 10(11):1587. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu10111587>
20. López González LA, et al. Efecto del consumo de polifenoles sobre biomarcadores de inflamación y endotoxemia en personas con obesidad: una revisión sistemática. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2025;45(1):preprint. Disponible en: <https://doi.org/10.12873/451lopez>
21. Taguchi C, Kishimoto Y, Fukushima Y, et al. Ingesta dietética de polifenoles totales y riesgo de mortalidad por todas las causas y por causas específicas en adultos japoneses: el estudio de Takayama. *Eur J Nutr* [Internet]. 2020 [citado 28 de diciembre 2023]; 59: 1263-1271. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00394-019-02136-9>
22. Vázquez Z, Toledo E, Vitelli F, et al. Efecto de los compuestos fenólicos dietéticos en la incidencia de enfermedades cardiovasculares en el proyecto SUN; 10 años de seguimiento. *Antioxidants* [Internet]. 2022 [citado 28 de diciembre 2023]; 11(4):783. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antiox11040783>

Más allá del intestino: la microbiota como moduladora de la salud de la piel

Beyond the gut: The microbiota as a modulator of skin health

Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS¹, Vivian Rosario MENA MIRANDA²

¹ Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA.

² Hospital Pediátrico Universitario Centro Habana, Cuba.

Recibido: 18/julio/2025. Aceptado: 22/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: El eje intestino-piel (GSA) es un concepto emergente que describe la comunicación bidireccional entre el tracto gastrointestinal y la piel, mediada principalmente por la microbiota intestinal y cutánea. Esta interacción influye en la homeostasis inmunológica, la integridad de las barreras epiteliales y la inflamación sistémica.

Objetivo: Explorar la evidencia reciente sobre el papel de la microbiota intestinal en la modulación de enfermedades cutáneas inflamatorias y sus mecanismos fisiopatológicos, así como evaluar implicaciones terapéuticas derivadas de esta conexión.

Material y métodos: Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica publicada entre 2018 y 2025, en bases de datos como PubMed, Scopus y Web of Science. Se incluyeron artículos originales, revisiones y metaanálisis en inglés y español, con énfasis en estudios clínicos y experimentales que abordaran el eje intestino-piel, la disbiosis, y enfermedades como psoriasis, dermatitis atópica, acné y enfermedad inflamatoria intestinal.

Resultados: La evidencia señala que la disbiosis intestinal puede alterar la producción de metabolitos clave como los ácidos grasos de cadena corta (SCFA), reducir la diversidad bacteriana beneficiosa, y activar vías inflamatorias sistémicas. Estas alteraciones se han asociado con patologías como la psoriasis, dermatitis atópica y rosácea. Además, se ha identi-

ficado que receptores como el de vitamina D (VDR) y el de hidrocarburos arílicos (AhR) median parte de esta comunicación. De forma bidireccional, estímulos externos como la exposición a luz UVB pueden modular positivamente la microbiota intestinal, sugiriendo un circuito dinámico entre piel e intestino.

Conclusiones: El eje intestino-piel representa un nuevo paradigma en la comprensión y manejo de enfermedades cutáneas e intestinales. La modulación de la microbiota intestinal mediante dieta, prebióticos, probióticos y estrategias físicas como la fototerapia, podría ofrecer nuevas oportunidades terapéuticas para promover la salud de la piel a través de intervenciones sistémicas.

PALABRAS CLAVE

Eje intestino-piel; microbiota intestinal; disbiosis; enfermedades cutáneas inflamatorias; probióticos.

ABSTRACT

Introduction: The gut-skin axis (GSA) is an emerging concept that describes the bidirectional communication between the gastrointestinal tract and the skin, primarily mediated by the gut and skin microbiota. This interaction influences immune homeostasis, epithelial barrier integrity, and systemic inflammation.

Objective: To explore recent evidence regarding the role of gut microbiota in modulating inflammatory skin diseases and the pathophysiological mechanisms involved, as well as therapeutic implications derived from this connection.

Material and Methods: A narrative review was conducted using scientific literature published between 2018 and 2025, sourced from PubMed, Scopus, and Web of Science.

Correspondencia:

Vicente M. Martínez Cárdenas
vicente7757@yahoo.com

Original articles, reviews, and meta-analyses in English and Spanish were included, with a focus on clinical and experimental studies addressing the gut-skin axis, dysbiosis, and diseases such as psoriasis, atopic dermatitis, acne, and inflammatory bowel disease.

Results: Evidence shows that gut dysbiosis can disrupt the production of key microbial metabolites such as short-chain fatty acids (SCFAs), reduce beneficial microbial diversity, and activate systemic inflammatory pathways. These alterations are associated with diseases such as psoriasis, atopic dermatitis, and rosacea. Additionally, receptors such as the vitamin D receptor (VDR) and aryl hydrocarbon receptor (AhR) mediate critical aspects of this communication. Interestingly, external stimuli such as UVB exposure may positively modulate gut microbiota, suggesting a dynamic feedback loop between the skin and the intestine.

Conclusions: The gut-skin axis represents a new paradigm in understanding and managing skin and intestinal diseases. Modulating the gut microbiota through diet, prebiotics, probiotics, and physical strategies such as phototherapy could offer novel systemic therapeutic opportunities for promoting skin health.

KEYWORDS

Gut-skin axis; gut microbiota; dysbiosis; inflammatory skin diseases; probiotics.

LISTA DE ABREVIATURAS

- GSA: Eje intestino-piel (Gut-Skin Axis).
- SCFA: Ácidos grasos de cadena corta (Short-Chain Fatty Acids).
- VDR: Receptor de vitamina D (Vitamin D Receptor).
- AhR: Receptor de hidrocarburos arílicos (Aryl Hydrocarbon Receptor).
- UVB: Radiación ultravioleta tipo B (Ultraviolet B Radiation).
- HHA: Eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal.
- LPS: Lipopolisacárido (Lipopolysaccharide).
- NF-κB: Factor nuclear kappa B (Nuclear Factor kappa B).
- IL-6: Interleucina 6 (Interleukin-6).
- TNF-α: Factor de necrosis tumoral alfa (Tumor Necrosis Factor-alpha).
- EII: Enfermedad inflamatoria intestinal (Inflammatory Bowel Disease).
- SIBO: Sobrecrecimiento bacteriano del intestino delgado (Small Intestinal Bacterial Overgrowth).
- PASI: Índice de severidad del área de psoriasis (Psoriasis Area and Severity Index).

INTRODUCCIÓN

Durante la última década, el papel de la microbiota intestinal ha cobrado gran relevancia en la comprensión de procesos fisiológicos y patológicos más allá del tracto gastrointestinal. Uno de los conceptos emergentes más destacados es el **eje intestino-piel (Gut-Skin Axis, GSA)**, una vía de comunicación bidireccional en la que las comunidades microbianas del intestino y la piel interactúan mediante señales inmunológicas, endocrinas, neurológicas y metabólicas. Esta conexión dinámica ha demostrado influir en la homeostasis de barreras epiteliales, en la modulación de la inflamación sistémica y en la respuesta inmunitaria tanto innata como adaptativa¹⁻³.

La microbiota intestinal participa en la producción de metabolitos bioactivos como los **ácidos grasos de cadena corta (SCFA)**, regula la expresión de **receptores como el de vitamina D (VDR) y el receptor de hidrocarburos arílicos (AhR)**, y modula el equilibrio entre citocinas pro y antiinflamatorias. Estos mecanismos, cuando se encuentran en equilibrio, favorecen la salud de la piel y del intestino; sin embargo, en situaciones de disbiosis, se ha observado una ruptura de dicha homeostasis, con desarrollo de enfermedades inflamatorias como la **psoriasis, dermatitis atópica, rosácea y acné**, entre otras⁴⁻⁷.

Además, investigaciones recientes han demostrado que la relación es bidireccional: exposiciones ambientales que afectan directamente a la piel, como la **radiación UVB**, pueden inducir cambios favorables en la microbiota intestinal, abriendo nuevas perspectivas terapéuticas⁸. Este eje microbiota-intestino-piel invita a replantear las estrategias de tratamiento desde un enfoque más integral y sistémico, especialmente en enfermedades dermatológicas crónicas con base inflamatoria.

El presente artículo tiene como objetivo revisar y sintetizar la evidencia científica reciente sobre el eje intestino-piel, describir los mecanismos fisiopatológicos implicados en esta relación y explorar sus potenciales aplicaciones clínicas, considerando a la **microbiota intestinal como un modulador clave de la salud cutánea**.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una **revisión narrativa de la literatura científica** publicada entre **enero de 2018 y junio de 2025**, con el objetivo de explorar la relación entre la microbiota intestinal y la salud de la piel, así como los mecanismos implicados en el eje intestino-piel (Gut-Skin Axis). El diseño del estudio fue **cualitativo, de tipo revisión bibliográfica no sistemática**. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las bases de datos **PubMed, Scopus, Web of Science**, y **ScienceDirect**, utilizando los siguientes términos de búsqueda en inglés y español, combinados

con operadores booleanos: "gut microbiota", "gut-skin axis", "microbiome", "inflammatory skin diseases", "psoriasis", "atopic dermatitis", "acne", "dysbiosis", "short-chain fatty acids", "vitamin D receptor", "aryl hydrocarbon receptor", "UVB exposure", "intestinal permeability", "skin barrier", así como sus equivalentes en español.

Se identificaron inicialmente **174 artículos**. Tras la eliminación de duplicados (**n = 32**) y la lectura de títulos y resúmenes, se excluyeron **89 publicaciones** por no ajustarse a los objetivos del estudio (estudios exclusivamente veterinarios, revisiones narrativas sin marco clínico, o centrados únicamente en patologías gastrointestinales sin implicación cutánea). Se evaluaron **53 artículos a texto completo**, de los cuales **28 cumplieron con los criterios de inclusión** y fueron considerados en el análisis final. (Figura 1 de flujo PRISMA).

Criterios de inclusión

- Publicaciones entre 2018 y 2025.
- Estudios originales, revisiones sistemáticas o metaanálisis en inglés o español.
- Artículos centrados en la relación entre la microbiota intestinal y enfermedades dermatológicas inflamatorias.
- Estudios que incluyeran mecanismos fisiopatológicos, efectos inmunológicos, o intervenciones probióticas/prebióticas relevantes.

Criterios de exclusión

- Artículos duplicados, editoriales, cartas al editor o conferencias sin revisión por pares.
- Estudios en animales sin correlación directa con enfermedad humana.

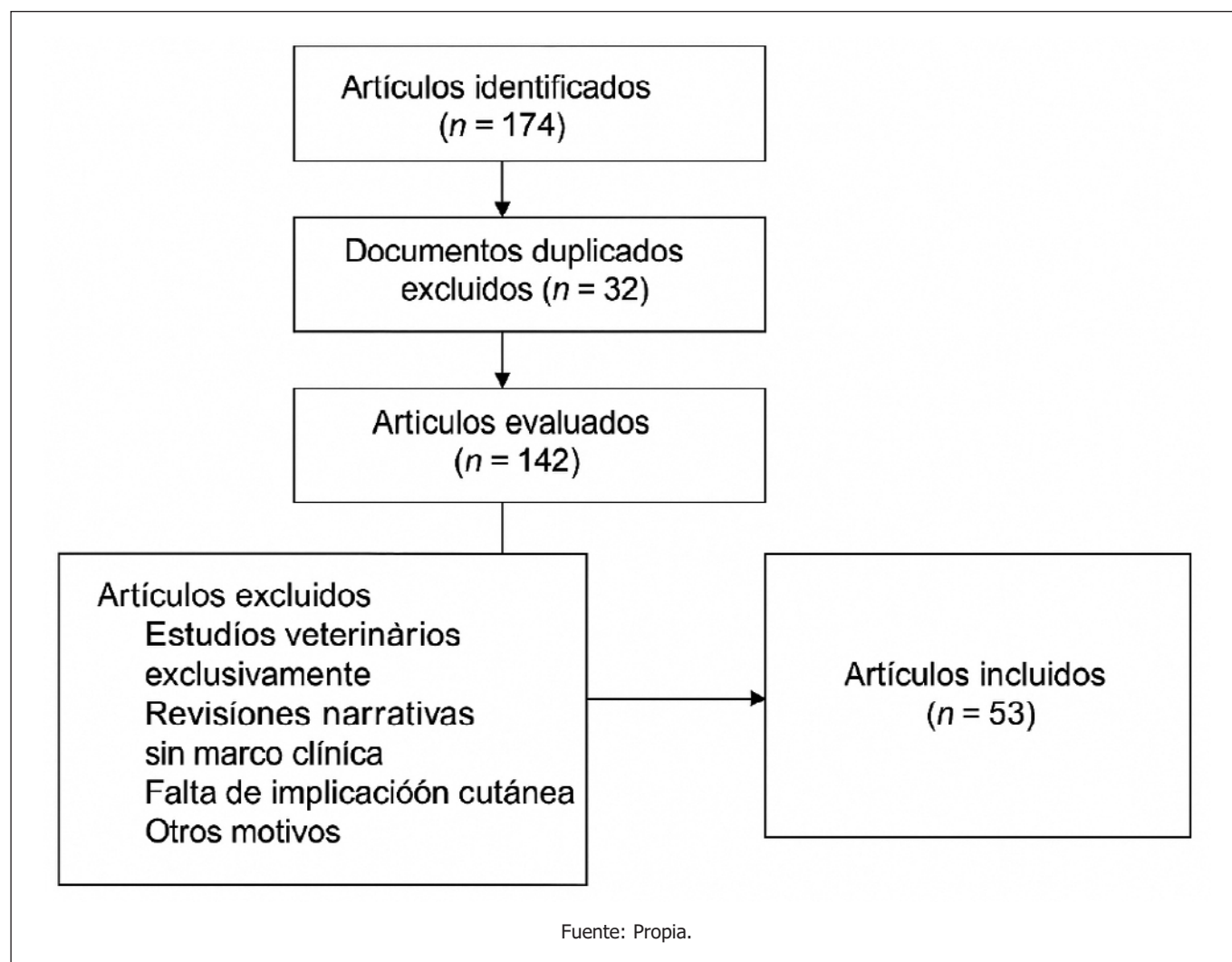


Figura 1. Diagrama de flujo

- Trabajos centrados exclusivamente en enfermedades gastrointestinales sin conexión con la piel.

La selección y análisis de los artículos fue realizada por dos revisores de forma independiente. En los casos de discrepancia, se discutieron los criterios hasta llegar a consenso. Se utilizó una hoja de extracción de datos diseñada ad hoc para organizar los hallazgos clave según tipo de estudio, población, principales resultados y conclusiones relevantes. No se aplicó software automatizado para revisión sistemática, ya que el enfoque fue narrativo.

RESULTADOS

De los **174 artículos** inicialmente identificados, se excluyeron **32 por duplicados**, dejando **142** para evaluación de títulos y resúmenes. De estos, **89 fueron descartados** por no cumplir con los criterios establecidos (estudios veterinarios, revisiones no clínicas, falta de relación con enfermedad cutánea o no alineados con la problemática) y **53 pasaron al análisis de texto completo**. Finalmente, **28 artículos fueron incluidos** para el análisis final

Características de los estudios incluidos

- **Distribución cronológica:** La mayoría de publicaciones datan de 2022 a 2025, con énfasis en estudios de intervención clínica y preclínica.
- **Tipo de estudios:**
 - 10 ensayos clínicos (principalmente probióticos/prebióticos en dermatitis atópica, acné y psoriasis).
 - 12 estudios experimentales (modelos animales o humanos que investigan mecanismos inmunomoduladores).
 - 6 artículos de revisión sistemática y metanálisis sobre disbiosis, AGCC y metanálisis terapéuticos.

Principales hallazgos

1. Disbiosis e inflamación sistémica:

Disbiosis intestinal correlacionada con aumento de citoquinas proinflamatorias (IL-6, TNF- α) y LPS circulantes en pacientes con psoriasis y dermatitis atópica^{3,9-12}.

2. Metabolitos microbianos y sus efectos:

Evidencia sólida de que los AGCC (principalmente butirato y propionato) regulan la inmunidad cutánea a través de la inhibición de NF- κ B y la activación de receptores VDR y AhR^{6,12-14}.

3. Mecanismos moleculares:

- Activación del receptor de vitamina D y AhR, asociados con mantenimiento de la barrera epitelial y regulación de células inmunes innatas¹.

- Comunicación bidireccional: la exposición cutánea a UVB modula positivamente la microbiota intestinal, reforzando el concepto bidireccional⁸.

4. Resultados clínicos en intervenciones microbiota-terapéuticas:

- Ensayos clínicos con probióticos y prebióticos reportaron mejoras en la severidad del eccema, puntuaciones de la PASI y reducción de marcadores inflamatorios^{13,15,19}.
- Cambios dietéticos (fibra, omega-3, polifenoles) mostraron modulación favorable de la microbiota y con ello mejoría cutánea¹⁰.

DISCUSIÓN

El **eje intestino-piel** es un concepto emergente en la medicina y la biología que describe la **interconexión entre la microbiota intestinal y la salud de la piel**, a través de mecanismos inmunológicos, endocrinos, metabólicos y neurológicos. Se basa en la idea de que el equilibrio microbiano del intestino puede influir significativamente en enfermedades cutáneas inflamatorias, alérgicas, autoinmunes e incluso en el envejecimiento de la piel (Tabla 1).

Concepto y evidencia del eje intestino-piel

En los últimos años, varias revisiones confirman que existe una comunicación bidireccional entre intestino y piel mediada por microbiotas, metabolitos (como los AGCC), permeabilidad intestinal, barrera cutánea e inflamación sistémica^{1,2,4-6}.

Disbiosis intestinal y respuesta inflamatoria cutánea

- Estudios recientes han encontrado ADN bacteriano intestinal elevado en sangre de pacientes con enfermedades cutáneas crónicas, como psoriasis, señalando un posible paso a circulación sistémica³.
- Se ha observado que en la dermatitis atópica y psoriasis existe alteración de la composición microbiana intestinal frente a controles saludables^{8,10,16}.

Comunicación bidireccional y mecanismos moleculares implicados

- El **eje intestino-piel (GSA, por sus siglas en inglés)** se ha consolidado como un sistema de comunicación bidireccional en el que intervienen la microbiota intestinal y cutánea, modulando tanto la homeostasis como la inflamación en ambos órganos. Este diálogo está mediado por diversas vías, incluyendo receptores inmunitarios y sensoriales como el **receptor de vitamina D (VDR)** y el **receptor de hidrocarburos arílicos (AhR)**, los cuales se activan por metabolitos microbianos y participan en la regulación de

Tabla 1. Fundamentos del eje intestino-piel

Componente	Rol
Microbiota intestinal	Produce metabolitos (como ácidos grasos de cadena corta, SCFAs), regula la permeabilidad intestinal e influye en la respuesta inmune sistémica.
Barreras epiteliales	Tanto en intestino como en piel, actúan como defensas inmunológicas y físicas. Su alteración (ej. intestino permeable) puede activar inflamación sistémica.
Sistema inmune	El intestino educa al sistema inmune. Cualquier disbiosis puede llevar a respuestas inflamatorias que afectan la piel.
Neuroendocrino (eje HHA)	El estrés modula la microbiota intestinal y puede exacerbar enfermedades cutáneas (ej. acné, dermatitis).
Metabolitos microbianos	SCFAs, triptófano, ácido linoleico conjugado, etc., tienen efectos inmunomoduladores y antiinflamatorios que impactan en la piel.

Fuente: Propia.



Figura 2. Infografía ilustrativa del eje intestino-piel

la inmunidad innata y la integridad de barreras epiteliales^{1-3,11}. (Figura 2).

- Una microbiota equilibrada promueve **defensas locales y sistémicas**, mientras que la disbiosis en cualquiera de los dos sitios puede desencadenar **disfunción de barrera, inflamación e incluso contribuir a enfermedades como la dermatitis atópica, psoriasis o enfermedad inflamatoria intestinal**. De manera interesante, estudios recientes han demostrado que la **exposición cutánea a luz ultravioleta tipo B (UVB)** puede no solo mejorar enfermedades dermatológicas, sino también modular favorablemente la microbiota intestinal, revelando una influencia recíproca poco explorada¹¹.
- Estas observaciones destacan la necesidad de **integrar el enfoque GSA en la comprensión fisiopatológica y terapéutica** de enfermedades inflamatorias sistémicas, superando la visión tradicional de piel e intestino como sistemas aislados.

Mecanismos inmunológicos y metabolitos microbianos

- La microbiota intestinal produce AGCC (butirato, propionato, acetato) que regulan la respuesta inmune, inhibiendo NF-κB y citoquinas proinflamatorias^{11,20,21}.
- Los metabolitos viajan al torrente sanguíneo y modulan directamente las funciones inmunitarias y epiteliales de la piel^{6,11}.

Relación con enfermedades dermatológicas específicas (Tabla 2)

- **Dermatitis atópica:** disbiosis infantil con disminución de Bacteroides y aumento de Clostridium y E. coli, rela-

Tabla 2. Enfermedades dermatológicas asociadas al eje intestino-piel

Enfermedad	Evidencia asociada al eje
Acné	Disbiosis intestinal puede aumentar inflamación sistémica y se ha asociado a dieta rica en grasas y pobre en fibra.
Psoriasis	Desequilibrio de microbiota intestinal, mayor permeabilidad intestinal, aumento de LPS circulantes y citoquinas inflamatorias.
Dermatitis atópica	Cambios en microbiota en infancia pueden predisponer a inflamación alérgica cutánea. Probióticos han mostrado efectos beneficiosos.
Rosácea	Asociación con SIBO (sobrecrecimiento bacteriano del intestino delgado), respuesta inmunitaria exacerbada.
Vitiligo y lupus cutáneo	Posibles vínculos con disbiosis intestinal y autoanticuerpos mediados por alteraciones inmunes sistémicas.

Fuente: Propia.

cionado con mayor permeabilidad intestinal e inflamación cutánea^{11,17}.

- **Psoriasis:** menor presencia de *Bacteroides* y aumento de permeabilidad y citocinas inflamatorias sistémicas¹⁸.
- **Acné y rosácea:** aunque menos estudiadas, pueden asociarse a disbiosis y respuesta inmune alterada a nivel sistémico^{1,12}.

Los resultados revisados refuerzan la noción de que **el eje intestino-piel es un sistema complejo y bidireccional** que integra señales inmunológicas, metabólicas y ambientales. La **disbiosis intestinal** actúa como factor desencadenante de procesos inflamatorios cutáneos, mientras que las señales dérmicas (UVB) pueden revertir parcialmente este desequilibrio, lo que añade un matiz novedoso al concepto GSA^{10,22}.

Implicaciones clínicas y terapéuticas

Los hallazgos analizados fortalecen la importancia de abordar la salud cutánea desde una perspectiva sistémica. En primer lugar, mantener una buena salud digestiva —particularmente el equilibrio del microbioma intestinal— puede reflejarse positivamente en la salud de la piel, mejorando su función barrera e inmunológica^{1,4,11}. Además, se confirma que los procesos inflamatorios intestinales pueden influir directamente en la fisiopatología de enfermedades dermatológicas, y viceversa, lo que respalda la interconexión entre patologías inflamatorias del intestino y de la piel^{2,3,6,11}. Por último, factores modificables como la dieta, el estrés y el estilo de vida tienen un impacto significativo sobre el microbioma intestinal, por lo que su optimización representa una estrategia terapéutica y preventiva clave para preservar tanto la salud gastrointestinal como la dermatológica^{7,15,16}.

El hallazgo de ensayos clínicos controlados que muestran mejorías objetivas con probióticos/prebióticos sugiere que

la **modulación del microbioma es una estrategia terapéutica viable** en dermatología inflamatoria. Esto plantea la potencial integración de tratamientos sistémicos en protocolos habituales, tradicionalmente centrados en tópicos o inmunosupresores^{7,10-12,15}.

- **Probióticos y prebióticos:** moduladores prometedores del eje intestino-piel.
- **Dieta antiinflamatoria (rica en fibra, baja en azúcares simples):** beneficios en enfermedades dermatológicas crónicas.
- **Evitar disbiosis:** mediante antibióticos racionales, manejo del estrés, y suplementos específicos.
- **Enfermedades inflamatorias sistémicas (Ej. EII)** pueden coexistir con alteraciones cutáneas debido a este eje.

Terapias basadas en microbioma

- Revisión sistemática encontró 27 ensayos clínicos sobre probióticos/prebióticos enfocadas en eczema, acné y psoriasis, mostrando mejoras en marcadores inflamatorios y calidad de vida¹³.
- Intervenciones dietéticas (aumento de fibra, omega-3, polifenoles) y uso de probióticos se destacan en revisiones de 2022–2024^{15,16}.

Mecanismos moleculares

La implicación de receptores como VDR y AhR amplía el conocimiento de los mecanismos involucrados y abre la puerta a tratamientos combinados, donde **suplementos (como vitamina D) o moduladores del AhR** podrían potenciar los efectos beneficiosos de los probióticos o cambios dietéticos^{22,23}.

Eje intestino-piel en condiciones post-COVID-19

- En personas con "long COVID", la disbiosis inducida por SARS-CoV-2 se ha vinculado a complicaciones cutáneas persistentes (eczema, rosácea, acné). Se proponen terapias probióticas y dietéticas como estrategia⁷.

Limitaciones

- La mayoría de los estudios incluidos tienen diseños heterogéneos y tamaños muestrales reducidos.
- Hay escasez de estudios a largo plazo y con seguimiento clínico prolongado.
- También se requieren más investigaciones directas sobre la influencia de la luz UVB sobre el microbioma, un área emergente que podría redefinir abordajes terapéuticos.

Futuras líneas de investigación

- Ensayos clínicos más amplios y homogéneos que comparen distintos probióticos/prebióticos y combinaciones terapéuticas.
- Estudios mecanísticos in vivo en humanos que analicen la activación de VDR, AhR y vías inflamatorias cutáneas tras intervenciones sistémicas o exposición UVB.
- Evaluación de la seguridad, eficacia y duración del efecto terapéutico para prácticas clínicas.

CONCLUSIONES

La evidencia actual respalda que la **microbiota intestinal** desempeña un papel clave en la salud cutánea mediante la regulación de procesos inmunológicos, metabólicos y de mantenimiento de barreras epiteliales. El concepto de **eje intestino-piel (gut-skin axis)** describe una interacción dinámica y bidireccional, en la que alteraciones intestinales pueden influir directamente en la aparición o agravamiento de enfermedades inflamatorias de la piel, como la **psoriasis**, la **dermatitis atópica** o el **acné**.

Además, nuevas investigaciones indican que intervenciones dirigidas a la piel —como la **exposición a luz UVB** también pueden modular favorablemente la microbiota intestinal, fortaleciendo la visión bidireccional del eje. Los **probióticos**, **prebióticos y modificaciones dietéticas** han demostrado efectos terapéuticos significativos en ensayos clínicos, abriendo la posibilidad de implementar **estrategias combinadas, integrales y sistémicas**.

El **eje intestino-piel** representa una nueva frontera en la dermatología y la gastroenterología. Comprender esta conexión puede conducir a **estrategias terapéuticas más integrales**, que traten no solo los síntomas dermatológicos, sino también las causas sistémicas subyacentes a través de la **modulación de la microbiota intestinal**.

Estos hallazgos invitan a un cambio de paradigma en el abordaje de las enfermedades dermatológicas, que incorpore la **modulación del microbioma intestinal como herramienta preventiva y terapéutica**. Futuras investigaciones deberán centrarse en intervenciones clínicas estandarizadas, de mayor duración, y con seguimiento de biomarcadores moleculares que confirmen y amplíen estos efectos.

BIBLIOGRAFIA

1. Salem I, Ramser A, Isham N, Ghannoum MA. The gut microbiome as a major regulator of the gut-skin axis. *Front Microbiol*. 2018 Jul 10;9:1459. doi:10.3389/fmicb.2018.01459. PMID: 30042740; PMCID: PMC6048199. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6048199/> (Consultado el 17 Jul 2025).
2. Szántó M, Bódis G, Szabó D, Milánkovits M, Varga G, Hegyi P, et al. Impact of Gut Microbiome on Skin Health. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:899941. doi:10.3389/fmed.2022.899941. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9311318/> PMC+15PMC+15owlstonemedical.com+15
3. Thye AY, Bah YR, Law JW, Tan LT, He YW, Wong SH, Thurai-asingam S, Chan KG, Lee LH, Letchumanan V. Gut-skin axis: unravelling the connection between the gut microbiome and psoriasis. *Biomedicine*. 2022 Apr 30;10(5):1037. doi:10.3390/biomedicine10051037. PMID: 35625774; PMCID: PMC9138548. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9138548/> (Consultado el 17 Jul 2025).
4. Haykal D, Cartier H, Dréno B. Dermatological health in the light of skin microbiome evolution. *J Cosmet Dermatol*. 2024 Dec; 23(12):3836–3846. doi:10.1111/jocd.16557. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39248208/>
5. Nørreslet LB, Agner T, Clausen ML. The skin microbiome in inflammatory skin diseases. *Curr Dermatol Rep*. 2020;9(2):141–151. doi:10.1007/s13671-020-00297-z. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13671-020-00297-z> (Consultado el 17 Jul 2025).
6. Xiao X, Hu X, Yao J, Cao W, Zou Z, Wang L, Qin H, Zhong D, Li Y, Xue P, Jin R, Li Y, Shi Y, Li J. The role of short-chain fatty acids in inflammatory skin diseases. *Front Microbiol*. 2023 Feb 2;13: 1083432. doi:10.3389/fmicb.2022.1083432. PMID: 36817115; PMCID: PMC9932284. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9932284/> (Consultado el 17 Jul 2025).
7. Xiao Y, Chen Y, Zhang J, et al. Post-COVID gut dysbiosis and its role in persistent skin disorders. Preprints. 2025 Mar 4. doi:10.20944/preprints202503.1061.v1. Disponible en: <https://www.preprints.org/manuscript/202503.1061/v1> (Consultado el 17 Jul 2025).
8. Buhaş MC, Gavrilăş LI, Candrea R, Căţinean A, Mocan A, Miere D, Tătaru A. Gut microbiota in psoriasis. *Nutrients*. 2022 Jul 20;14(14):2970. doi:10.3390/nu14142970. PMID: 35889927; PMCID: PMC9321451. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9321451/> (Consultado el 17 Jul 2025).
9. Ni Q, Zhang P, Li Q, Han Z. Oxidative stress and gut microbiome in inflammatory skin diseases. *Front Cell Dev Biol*. 2022 Mar 7;10:849985. doi:10.3389/fcell.2022.849985. PMID: 35321240; PMCID: PMC8937033. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8937033/> (Consultado el 17 Jul 2025).

10. Jimenez-Sanchez M, Celiberto LS, Yang H, Sham HP, Vallance BA. The gut-skin axis: a bi-directional, microbiota-driven relationship with therapeutic potential. *Gut Microbes*. 2025 Dec; 17(1):2473524. doi:10.1080/19490976.2025.2473524. Epub 2025 Mar 6. PMID: 40050613; PMCID: PMC11901370. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11901370/> (Consultado el 17 Jul 2025).
11. Sánchez-Pellicer P, Navarro-Moratalla L, Núñez-Delegido E, Ruzafa-Costas B, Agüera-Santos J, Navarro-López V. Acne, microbiome, and probiotics: the gut-skin axis. *Microorganisms*. 2022 Jun 27;10(7):1303. doi:10.3390/microorganisms10071303. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2607/10/7/1303>
12. Sánchez-Pellicer P, Eguren-Michelena C, García-Gavín J, et al. Rosacea, microbiome and probiotics: the gut-skin axis. *Front Microbiol*. 2023;14:1323644. doi:10.3389/fmicb.2023.1323644. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2023.1323644/full>
13. Chai J, Deng F, Li Y, Wei X, Zhao J. Editorial: The gut-skin axis: interaction of gut microbiome and skin diseases. *Front Microbiol*. 2024;15:1427770. doi:10.3389/fmicb.2024.1427770. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2024.1427770/full>
14. Abdi A, Oroojzadeh P, Valivand N, Sambrani R, Lotfi H. Immunological aspects of probiotics for improving skin diseases: influence on the gut-brain-skin axis. *Biochem Biophys Res Commun*. 2024 Apr 2;702:149632. doi:10.1016/j.bbrc.2024.149632. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38340656/>
15. Aguwa C, Enwereji N, Santiago S, Hine A, Kels GG, McGee J, Lu J. Targeting dysbiosis in psoriasis, atopic dermatitis, and hidradenitis suppurativa: the gut-skin axis and microbiome-directed therapy. *Clin Dermatol*. 2023 Sep-Oct;41(5):640–649. doi:10.1016/j.clindermatol.2023.09.019. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37816413/>
16. Yu J, Duan Y, Zhang M, Li Q, Cao M, Song W, Zhao F, Kwok L-Y, Zhang H, Li R, Sun Z. Effect of combined probiotics and doxycycline therapy on the gut-skin axis in rosacea. *mSystems*. 2024 Nov 19;9(11):e0120124. doi:10.1128/msystems.01201-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39475254/>
17. Leo S, Cetiner OF, Pittet LF, Messina NL, Jakob W, Falquet L, Curtis N, Zimmermann P. The association between the composition of the early-life intestinal microbiome and eczema in the first year of life. *Front Microbiomes*. 2023 Mar 16;2:1147082. doi:10.3389/frmbi.2023.1147082. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frmbi.2023.1147082/full>
18. Fassio SD, Greco M, Abbatangelo A, Cappa S, Isaia G, Pellicano R, et al. Gut microbiota and psoriasis: pathogenesis, targeted therapy, and future perspectives. *Front Cell Infect Microbiol*. 2024 May 10;14:1430586. doi:10.3389/fcimb.2024.1430586. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2024.1430586/full>
19. Chan OM, Xu W, Cheng NS, Leung ASY, Ching JYL, Fong BLY, Cheong PK, Zhang L, Chan FK, Ng SC, Leung TF. A novel infant microbiome formula (SIM03) improved eczema severity and quality of life in preschool children. *Sci Rep*. 2024 Feb 14; 14:53848. doi:10.1038/s41598-024-53848-w. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-53848-w>
20. Kim CH. Complex regulatory effects of gut microbial short-chain fatty acids on immune tolerance and autoimmunity. *Cell Mol Immunol*. 2023 Mar;20(3):341–350. doi:10.1038/s41423-023-00987-1. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41423-023-00987-1/full>
21. Liu X-f, Shao J-h, Liao Y-T, Wang L-N, Jia Y, Dong P-j, Liu Z-z, He D-d, Li C, Zhang X. Regulation of short-chain fatty acids in the immune system. *Front Immunol*. 2023 May 5;14:1186892. doi:10.3389/fimmu.2023.1186892. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2023.1186892/full> (frontiersin.org)
22. Geng R, Kang SG, Huang K, Tong T. Dietary isoeugenol supplementation attenuates chronic UVB-induced skin photoaging and modulates gut microbiota in mice. *Nutrients*. 2024 Apr 16;16(4):481. doi:10.3390/nu16040481. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/4/481>
23. Sun J. Dietary vitamin D, vitamin D receptor, and microbiome. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2018 Nov;21(6):471-474. doi: 10.1097/MCO.0000000000000516. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6168421/>

Microbiota intestinal y su relación con el eje intestino-pulmón: implicaciones clínicas y fisiopatológicas

Gut microbiota and its relationship with the gut-lung axis: Clinical and pathophysiological implications

Vicente M. MARTÍNEZ CÁRDENAS¹, Vivian R. MENA MIRANDA²

¹ Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA.

² Hospital Pediátrico Universitario Centro Habana, Cuba.

Recibido: 29/julio/2025. Aceptado: 22/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: La microbiota intestinal ha emergido como un actor clave en la modulación del sistema inmunológico, y su interacción con el aparato respiratorio a través del eje intestino-pulmón ha sido objeto de creciente interés.

Material y métodos: Se realizó una revisión narrativa de la literatura publicada entre 2014 y 2024 en bases de datos como PubMed, Scopus y SciELO, utilizando términos relacionados con "microbiota", "eje intestino-pulmón", "asma", "EPOC" y "COVID-19".

Resultados: Se identificó que las alteraciones en la microbiota intestinal pueden incidir en enfermedades respiratorias como asma, EPOC, fibrosis quística y COVID-19, y que estas a su vez pueden modificar la composición del ecosistema intestinal. Mecanismos implicados incluyen la migración de metabolitos bacterianos, la activación de respuestas inmunitarias sistémicas y la disbiosis fúngica. Asimismo, se evidencia una mayor incidencia de enfermedad inflamatoria intestinal (EII) en pacientes con EPOC, lo que sugiere una base inflamatoria común.

Conclusiones: La modulación de la microbiota intestinal representa una estrategia terapéutica prometedora para mejorar la salud respiratoria, y comprender las interacciones del eje intestino-pulmón podría facilitar intervenciones clínicas dirigidas tanto en pediatría como en medicina de adultos.

PALABRAS CLAVE

Microbiota intestinal; Eje intestino-pulmón; Inmunidad mucosa; Enfermedades respiratorias; Asma; EPOC; COVID-19; Disbiosis; Probióticos; Inflamación sistémica.

ABSTRACT

Introduction: The gut microbiota has emerged as a key modulator of immune responses, and its interaction with the respiratory tract via the gut-lung axis is increasingly recognized.

Methods: A narrative review was conducted using literature published between 2014 and 2024 from PubMed, Scopus, and SciELO, using terms related to "microbiota," "gut-lung axis," "asthma," "COPD," and "COVID-19."

Results: Alterations in gut microbiota influence respiratory diseases such as asthma, COPD, cystic fibrosis, and COVID-19, which in turn can alter gut microbial composition. Mechanisms include migration of bacterial metabolites, systemic immune activation, and fungal dysbiosis. In addition, studies show a higher incidence of inflammatory bowel disease (IBD) in COPD patients, suggesting shared inflammatory pathways.

Conclusions: Modulating gut microbiota represents a promising therapeutic strategy for improving respiratory health. Understanding the gut-lung axis may support targeted interventions in both pediatric and adult medicine.

KEYWORDS

Gut microbiota; Gut-lung axis; Mucosal immunity; Respiratory diseases; Asthma; COPD; COVID-19; Dysbiosis; Probiotics; Systemic inflammation.

Correspondencia:
Vicente M. Martínez Cárdenas
vicente7757@yahoo.com

ABREVIATURAS

- EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.
- COVID-19: Enfermedad por coronavirus 2019.
- SARS-CoV-2: Coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo tipo 2.
- EII: Enfermedad Inflamatoria Intestinal.
- ME/CFS: Encefalomiелitis Miálgica / Síndrome de Fatiga Crónica.
- TNF- α : Factor de necrosis tumoral alfa.
- IL: Interleucina.
- IgA: Inmunoglobulina A.
- PRR: Receptores de reconocimiento de patrones (Pattern Recognition Receptors).
- TLR: Receptores tipo Toll (Toll-Like Receptors).
- SCFA: Ácidos grasos de cadena corta (Short Chain Fatty Acids).
- LPS: Lipopolisacárido.
- ARDS: Síndrome de dificultad respiratoria aguda (Acute Respiratory Distress Syndrome).

INTRODUCCIÓN

La microbiota intestinal, conformada por una comunidad compleja de bacterias, virus, hongos y arqueas que habitan principalmente el colon, desempeña un papel esencial en múltiples procesos fisiológicos del huésped. Estas funciones incluyen la digestión de polisacáridos no digeribles, la síntesis de vitaminas (como la vitamina K y algunas del grupo B), la producción de metabolitos de cadena corta (como el butirato) y, de forma crucial, la modulación del sistema inmunológico innato y adaptativo^{1,2}.

En la última década, la evidencia científica ha consolidado el concepto del *eje intestino-pulmón*, una vía de comunicación bidireccional entre la microbiota gastrointestinal y los pulmones. Este eje se sostiene en la circulación de metabolitos microbianos, la migración de células inmunes activadas, y la modulación de patrones de citoquinas e interleucinas, lo que influye tanto en la homeostasis pulmonar como en la respuesta a infecciones respiratorias y estados inflamatorios crónicos^{3,4}.

Diversos estudios han mostrado que la disbiosis intestinal —caracterizada por una disminución de la diversidad microbiana, pérdida de bacterias comensales beneficiosas e incremento de patógenos oportunistas— puede alterar esta interacción y favorecer procesos inflamatorios a nivel pulmonar⁵. Esta disbiosis ha sido implicada en la fisiopatología y agravamiento de enfermedades respiratorias como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la fibrosis

quística y, más recientemente, en el síndrome post-COVID-19 o *Long COVID*⁶⁻⁸.

En el contexto del COVID-19, diversos estudios han demostrado que los pacientes con formas graves de la enfermedad presentan alteraciones significativas en la composición de la microbiota intestinal, incluso tras la resolución de la infección aguda. Estas alteraciones pueden persistir en el tiempo y contribuir a secuelas respiratorias, fatiga crónica, y trastornos inmunológicos, lo que resalta la importancia de comprender el papel modulador de la microbiota en este eje⁹⁻¹¹.

El presente artículo revisa críticamente la evidencia científica más reciente sobre la relación entre la microbiota intestinal y el eje intestino-pulmón, destacando su implicación en enfermedades respiratorias agudas y crónicas, así como las oportunidades terapéuticas basadas en la modulación de la microbiota.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar la evidencia científica actual sobre la relación entre la microbiota intestinal y el eje intestino-pulmón, y su implicación en la fisiopatología y evolución de enfermedades respiratorias, incluyendo el COVID-19.

Objetivos específicos:

1. Describir los mecanismos de interacción inmunológica y metabólica que sustentan el eje intestino-pulmón.
2. Identificar las alteraciones de la microbiota intestinal asociadas a enfermedades respiratorias como el asma, EPOC, fibrosis quística y COVID-19.
3. Evaluar el impacto de la disbiosis intestinal en la severidad y evolución de las enfermedades respiratorias.
4. Explorar estrategias terapéuticas basadas en la modulación de la microbiota (probióticos, prebióticos, dieta, trasplante fecal) como complemento en el manejo de enfermedades pulmonares crónicas y post-virales.
5. Proponer líneas futuras de investigación sobre la interacción del eje intestino-pulmón en la práctica clínica pediátrica y en adultos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo una **revisión narrativa de la literatura científica** con el objetivo de analizar la relación entre la microbiota intestinal y el eje intestino-pulmón, así como su implicación en enfermedades respiratorias. El diseño del estudio fue **cualitativo, de tipo revisión bibliográfica no sistemática**.

La **población de estudio** incluyó artículos originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios clínicos o ex-

perimentales publicados entre **enero de 2014 y junio de 2024**. Las **fuentes de información** consultadas fueron las bases de datos biomédicas: **PubMed, Scopus, SciELO, ScienceDirect y Web of Science**.

Se utilizaron los siguientes **términos de búsqueda en inglés**, combinados con operadores booleanos: "*gut microbiota*", "*gut-lung axis*", "*asthma*", "*chronic obstructive pulmonary disease*", "*COVID-19*", "*dysbiosis*", "*inflammatory bowel disease*", "*microbiome*", "*intestinal permeability*" y "*respiratory diseases*". En español se emplearon los términos equivalentes.

Se identificaron un total de **243 artículos**. Tras una lectura inicial de títulos y resúmenes, se **excluyeron 182** por tratarse de publicaciones duplicadas, estudios no relacionados con el eje intestino-pulmón, artículos en animales sin extrapolación clínica o literatura de baja calidad científica (cartas al editor, opiniones no revisadas por pares). Finalmente, se **incluyeron 61 artículos** que cumplían con los siguientes **criterios de inclusión**:

- publicaciones científicas disponibles en texto completo;
- en idioma inglés, español o portugués;
- con información relevante sobre la interacción entre la microbiota intestinal y la fisiopatología o evolución de enfermedades respiratorias.

La **selección final** fue realizada por dos revisores de manera independiente. Los datos fueron organizados en **fichas temáticas** agrupadas en cinco bloques: 1) funciones inmunológicas de la microbiota, 2) mecanismos del eje intestino-pulmón, 3) implicación en enfermedades respiratorias, 4) papel de la disbiosis, y 5) estrategias de intervención terapéutica (probióticos, prebióticos y trasplante fecal). No se aplicaron análisis estadísticos formales debido al **carácter descriptivo** de la revisión. Se respetaron las normas éticas en el uso y citación de fuentes.

A continuación, se presenta el **diagrama de flujo del proceso de selección de artículos**: (Figura 1).

RESULTADOS

Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 61 artículos publicados entre enero de 2014 y junio de 2024, que abordaban la relación entre la microbiota intestinal y el eje intestino-pulmón en el contexto de enfermedades respiratorias. Los hallazgos más relevantes se agruparon en cinco ejes temáticos:

- Disbiosis intestinal asociada a enfermedades respiratorias:** Diversos estudios reportaron alteraciones significativas en la composición del microbioma intestinal en pacientes con enfermedades respiratorias como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), fibrosis quística y COVID-19 prolongado. Estas alteraciones incluían una disminución de bacterias bene-

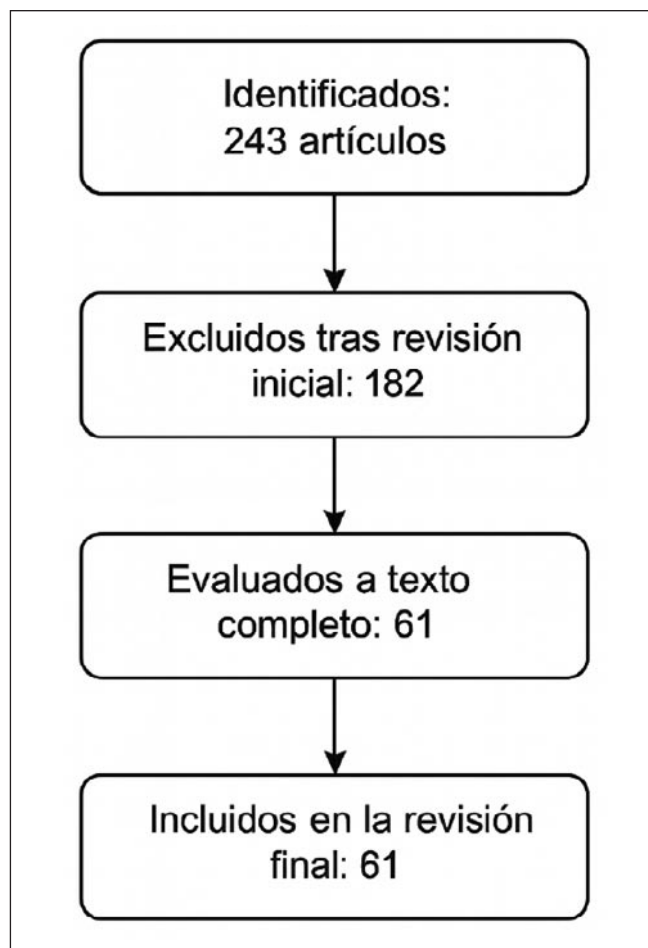


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de artículos en la revisión narrativa

ficiosas —como *Faecalibacterium prausnitzii*— y un aumento de microorganismos oportunistas y proinflamatorios, lo que sugiere una contribución activa de la disbiosis a la fisiopatología respiratoria^{7-9,12,22,24}.

- Cambios en la proporción Firmicutes/Bacteroidetes:** En sujetos con EPOC y asma, se observaron desequilibrios en la relación Firmicutes/Bacteroidetes, con predominio de bacterias proinflamatorias y reducción de especies con efectos inmunomoduladores. Este patrón de disbiosis se asoció con un perfil inflamatorio sistémico exacerbado y menor producción de metabolitos protectores^{11,13,23}.
- Reducción de metabolitos inmunomoduladores:** La disbiosis se vinculó con una disminución en la producción de ácidos grasos de cadena corta (SCFAs), como el butirato, que cumplen un papel clave en la modulación de la respuesta inmune pulmonar y en la integridad epitelial intestinal. Esta disminución podría comprometer las defensas antivirales del huésped y perpetuar la inflamación sistémica^{3,4,21}.

4. Intervenciones probióticas y prebióticas: Se identificaron múltiples estudios que evaluaron la eficacia de probióticos y prebióticos en la restauración de la eubiosis intestinal. Estas estrategias mostraron resultados promisorios en la reducción de citoquinas proinflamatorias (como IL-6 y TNF- α), mejora de la función de barrera intestinal y modulación favorable del eje intestino-pulmón^{11,24}.

5. Trasplante de microbiota fecal (TMF): Aunque aún limitado a ensayos clínicos preliminares, el TMF se exploró como una intervención potencial en enfermedades inflamatorias sistémicas con compromiso respiratorio, con efectos positivos reportados en la regulación del microbioma, mejoría de síntomas respiratorios y restauración de parámetros inmunológicos^{19,25}.

Estos resultados apoyan la hipótesis de una conexión funcional e inmunológica entre el intestino y los pulmones, reforzando la importancia de considerar el microbioma intestinal como un objetivo terapéutico en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas o postinfecciosas.

DISCUSIÓN

La relación bidireccional entre el intestino y el pulmón a través del eje intestino-pulmón representa un campo emergente de gran relevancia clínica. Diversos estudios han demostrado

que la microbiota intestinal modula la respuesta inmunitaria pulmonar mediante mecanismos directos —como la translocación bacteriana o de metabolitos microbianos (por ejemplo, los ácidos grasos de cadena corta, SCFA)— e indirectos, incluyendo la activación de células dendríticas y la migración de linfocitos T hacia los tejidos pulmonares^{3,4}. A su vez, las condiciones pulmonares pueden alterar la composición de la microbiota intestinal, generando un circuito inmunológico y metabólico complejo^{2,5}. Esta retroalimentación entre ambos sistemas subraya la importancia del eje intestino-pulmón no solo en la homeostasis fisiológica, sino también en la fisiopatología de enfermedades respiratorias crónicas y virales.

La disbiosis intestinal —definida como el desequilibrio cualitativo o cuantitativo de la microbiota— ha sido asociada con una mayor susceptibilidad a diversas enfermedades respiratorias crónicas como el asma, la EPOC, la fibrosis quística, e incluso infecciones virales como el COVID-19^{7,9}. En modelos murinos, se ha observado que la expansión de especies fúngicas como *Wallemia mellicola* intensifica la severidad del asma, exacerbando la respuesta inflamatoria bronquial¹. Este desequilibrio microbiano puede debilitar la integridad de la barrera intestinal, favorecer la inflamación sistémica, activar citoquinas proinflamatorias (TNF- α , IL-6) y reducir la disponibilidad de SCFA, alterando así la defensa antiviral y perpetuando la lesión pulmonar^{21,22}. (Figura 2).

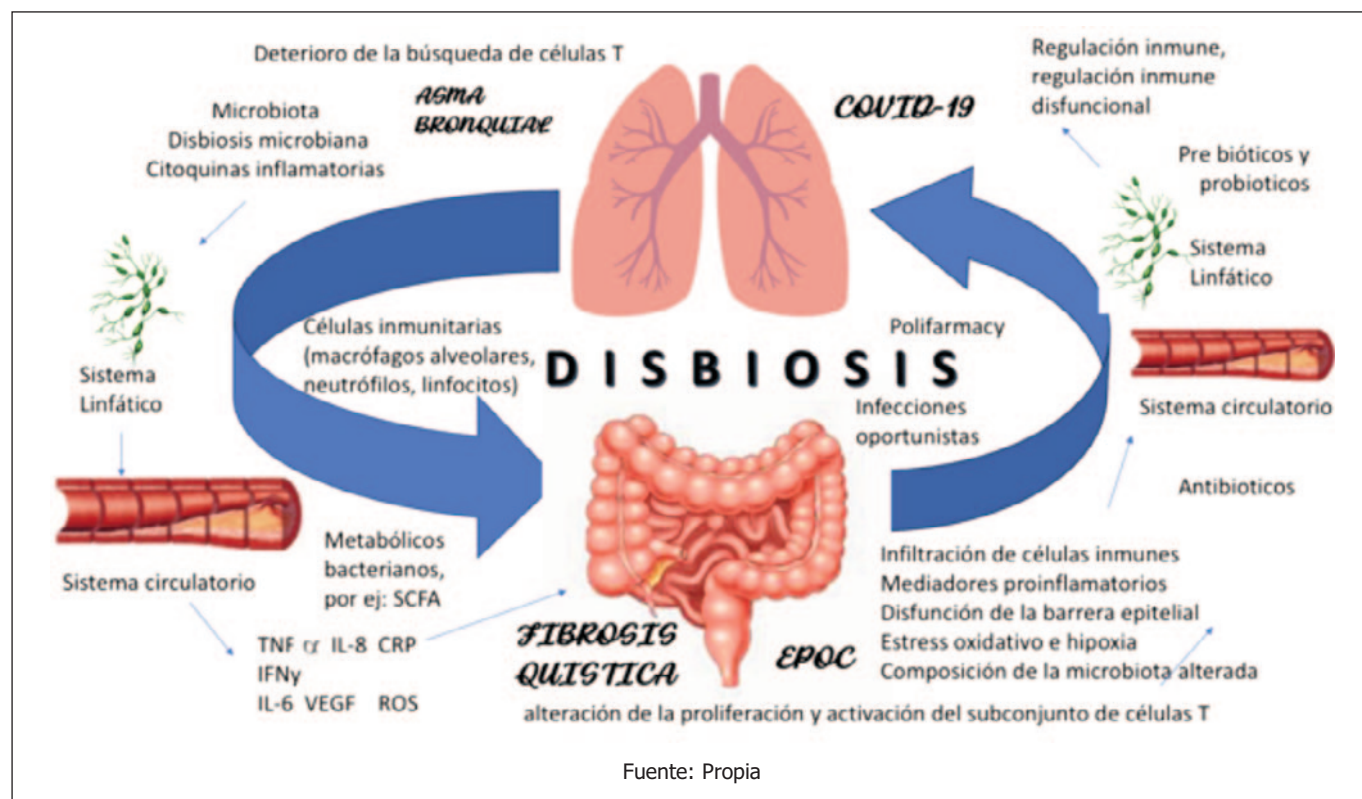


Figura 2. Impacto de la disbiosis intestinal en enfermedades respiratorias a través del eje intestino-pulmón

La figura ilustra la relación bidireccional entre la disbiosis intestinal y enfermedades respiratorias como el asma bronquial, la EPOC, la fibrosis quística y la COVID-19. Muestra cómo los desequilibrios microbianos intestinales afectan la respuesta inmune pulmonar a través de vías linfáticas, circulatorias y mediadores inflamatorios (TNF- α , IL-6, SCFA, entre otros), así como el rol de factores terapéuticos como los probióticos y antibióticos. También destaca el papel de las células inmunitarias y la disfunción epitelial en la perpetuación del daño respiratorio.

Estrategias terapéuticas como el uso de probióticos, prebióticos, postbióticos y dietas ricas en fibra han mostrado potencial para modular esta disbiosis e impactar positivamente el curso clínico de las enfermedades respiratorias. Estas intervenciones favorecen el restablecimiento de un perfil microbiano beneficioso, fortalecen la función de la barrera intestinal y promueven una inmunorregulación efectiva, disminuyendo la inflamación sistémica^{23,24}.

La disbiosis intestinal ha sido asociada con una mayor susceptibilidad a diversas enfermedades respiratorias crónicas como el asma, la EPOC, la fibrosis quística, e incluso infecciones virales como el COVID-19^{7,9}. En modelos murinos, se ha observado que la expansión de especies como *Wallemia melleicola* intensifica la severidad del asma¹. Este desequilibrio microbiano puede debilitar la integridad de la barrera intestinal, favorecer la inflamación sistémica y reducir la disponibilidad de metabolitos beneficiosos como los SCFA, alterando así la defensa antiviral^{21,22}. Por ello, estrategias terapéuticas como el uso de probióticos, prebióticos, postbióticos y dietas ricas en fibra han mostrado potencial para modular esta disbiosis e impactar positivamente el curso clínico de las enfermedades respiratorias^{23,24}.

Eje intestino-pulmón: interacción inmunometabólica

El eje intestino-pulmón representa una vía bidireccional de comunicación inmunológica y metabólica entre ambos órganos, mediada por productos microbianos, células inmunitarias y mediadores inflamatorios. La microbiota intestinal puede modular la inmunidad pulmonar a través de la translocación de metabolitos como los ácidos grasos de cadena corta (SCFA), la activación de células dendríticas y la migración de linfocitos T hacia los tejidos respiratorios^{3,4}. A su vez, enfermedades pulmonares inflamatorias pueden retroalimentar negativamente la composición del microbioma intestinal^{2,5}. Este eje funcional se ha implicado en la fisiopatología de múltiples enfermedades respiratorias y gastrointestinales, abriendo posibilidades terapéuticas integradoras.

Asma bronquial y micosis intestinal

La disbiosis intestinal se ha relacionado con una mayor susceptibilidad y severidad del asma bronquial. En modelos

murinos, la expansión de especies como *Wallemia melleicola* ha intensificado la inflamación bronquial¹. Además, hongos comensales como *Candida* también han sido implicados en la generación de una respuesta inmune tipo Th2, típica del asma alérgica, mediante la activación de receptores como Dectin-1 y la liberación de metabolitos proinflamatorios^{9,12-14,21}. Estas observaciones sugieren que el microbioma intestinal influye en la reactividad bronquial y podría convertirse en un blanco terapéutico. La modulación del microbioma con probióticos, dieta especializada o incluso trasplante fecal puede reducir la inflamación alérgica y mejorar la función pulmonar^{23,24}.

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

Pacientes con EPOC muestran alteraciones microbianas intestinales que contribuyen a la inflamación sistémica. Estudios epidemiológicos reportan una asociación significativa entre EPOC y Enfermedad Inflamatoria Intestinal (EII), con un incremento del 55 % en la incidencia de enfermedad de Crohn y del 30 % en colitis ulcerosa en personas con EPOC^{10,11}. Esta coexistencia se atribuye a mecanismos inmunopatológicos compartidos, como la activación de células T, la translocación bacteriana y la disbiosis intestinal crónica^{14,16,17}. A pesar de afectar órganos distintos, ambas comparten rutas inflamatorias comunes, posiblemente mediadas por la disbiosis intestinal y mecanismos inmunes compartidos^{14,16,17}. La inflamación sistémica común sugiere que los pacientes con EPOC deben ser evaluados también por síntomas digestivos, lo que podría favorecer un abordaje integral y mejorar su calidad de vida¹⁵⁻²⁰.

Fibrosis quística

En la fibrosis quística, se ha evidenciado una microbiota intestinal alterada desde etapas tempranas de la vida, lo cual condiciona un estado proinflamatorio sistémico que impacta negativamente en el aparato respiratorio. La disminución de SCFA y la translocación bacteriana contribuyen a la exacerbación de los síntomas respiratorios y al deterioro inmunológico. Intervenciones dietéticas con prebióticos, suplementos de fibra y probióticos han mostrado beneficios en la composición del microbioma intestinal, reduciendo la frecuencia de exacerbaciones respiratorias^{21,23}.

COVID-19 y disbiosis intestinal

Numerosos estudios han demostrado que el SARS-CoV-2 altera profundamente la microbiota intestinal. Se ha documentado una reducción de bacterias comensales antiinflamatorias como *Faecalibacterium prausnitzii* y un aumento de especies patógenas oportunistas en pacientes con COVID-19^{22,24}. Esta disbiosis se asocia con mayor severidad clínica, alteración inmunológica, inflamación persistente y disfunción multiorgánica, incluso después de la fase aguda^{25,26}. Dado el papel de la microbiota en la modulación de la respuesta antiviral y en la

producción de SCFA, el restablecimiento de un microbioma saludable mediante intervenciones nutricionales y terapias con probióticos representa una estrategia prometedora en la fase post-COVID^{23,25}.

Disbiosis intestinal: base común y blanco terapéutico

Independientemente de la enfermedad respiratoria en cuestión, la disbiosis intestinal emerge como un denominador común que favorece la inflamación sistémica, la alteración de la inmunidad innata y adaptativa, y el agravamiento clínico. Esta situación se traduce en una menor producción de SCFA, mayor permeabilidad intestinal y translocación bacteriana, perpetuando la inflamación pulmonar^{21,22}. Por tanto, las estrategias terapéuticas orientadas a restaurar el equilibrio microbiano —incluyendo probióticos, postbióticos, dieta rica en fibra y trasplante fecal— se perfilan como intervenciones adyuvantes útiles en enfermedades respiratorias, especialmente aquellas de base inflamatoria crónica^{23,24}.

La evidencia revisada sugiere que la **disbiosis intestinal** puede influir negativamente en la homeostasis inmune pulmonar, contribuyendo al desarrollo o agravamiento de enfermedades respiratorias. En conjunto, estos hallazgos confirman la relevancia clínica del eje intestino-pulmón, no solo como un concepto fisiopatológico emergente, sino como una vía potencial de intervención terapéutica. La integración de enfoques nutricionales, microbiológicos e inmunológicos en el manejo de enfermedades respiratorias crónicas y virales se perfila como un campo promisorio para la medicina de precisión. Varios estudios han identificado una asociación entre el vegetarianismo y distintos indicadores de salud, por medio de una modulación de la diversidad y de la estabilidad del microbioma intestinal humano²⁷.

En este contexto, el uso de **probióticos** y **prebióticos** representa una estrategia terapéutica prometedora. Diversos autores han documentado mejoras en la composición de la microbiota y en la respuesta inflamatoria tras la administración de cepas específicas de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*^{11,24}.

De forma más innovadora, el **trasplante de microbiota fecal (TMF)** ha sido propuesto como intervención para restaurar la eubiosis y modular la inmunidad sistémica en patologías respiratorias complejas, incluyendo el COVID-19 con disbiosis severa^{19,25}. Aunque los estudios aún son preliminares, los resultados apuntan a una nueva vía terapéutica en el manejo del eje intestino-pulmón.

No obstante, se debe tener precaución en la interpretación, ya que los estudios presentan heterogeneidad metodológica y limitaciones en los tamaños muestrales. Se requieren ensayos clínicos aleatorizados y multicéntricos para validar la eficacia y seguridad de estas intervenciones.

CONCLUSIONES

El eje intestino-pulmón constituye una vía de comunicación inmunometabólica esencial en la homeostasis sistémica, cuya disfunción contribuye a la fisiopatología de múltiples enfermedades respiratorias e intestinales. La evidencia revisada confirma que la disbiosis intestinal no solo agrava cuadros clínicos como el asma bronquial, la EPOC, la fibrosis quística y el COVID-19, sino que también favorece procesos inflamatorios sistémicos y altera la eficacia de la respuesta inmunitaria frente a infecciones respiratorias. Asimismo, se ha documentado una asociación bidireccional entre enfermedades pulmonares crónicas y patologías digestivas como la enfermedad inflamatoria intestinal, lo que refuerza la necesidad de un abordaje clínico integral.

Desde el punto de vista terapéutico, la modulación del microbioma intestinal mediante estrategias dietéticas, uso de probióticos, prebióticos, postbióticos o trasplante fecal, ha demostrado beneficios potenciales en la regulación inmunológica y en la evolución de diversas afecciones respiratorias. Estas intervenciones permiten reducir la inflamación, restaurar la integridad de la barrera intestinal y mejorar la tolerancia inmunitaria.

En conjunto, estos hallazgos justifican el creciente interés por el eje intestino-pulmón como blanco diagnóstico y terapéutico. Es necesario continuar investigando esta interacción con diseños clínicos robustos que permitan validar su aplicación en medicina personalizada, incorporando el análisis del microbioma como herramienta complementaria en el manejo integral del paciente respiratorio y digestivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al **Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA**, y al **Hospital Pediátrico Universitario Centro Habana, Cuba**, por su respaldo institucional para la realización de esta revisión. No se recibió financiación específica por parte de agencias del sector público, comercial o sin ánimo de lucro para la elaboración del presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Skalski JH, Limon JJ, Sharma P, Gargus MD, Nguyen C, Tang J, et al. Expansion of commensal fungus *Wallemia mellicola* in the gastrointestinal mycobiota enhances the severity of allergic airway disease in mice. *PLoS Pathog.* 2018 Sep;14(9):e1007260. doi:10.1371/journal.ppat.1007260. PMID:30226264; PMCID:PMC6161884. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007260>
2. He Z, Wang Z, Yin J, Wang Q. Research progress on microecology and childhood respiratory infections via the lung-gut axis. *Front Pediatr.* 2025 Jun 19;13:1509333. doi:10.3389/fped.2025.1509333. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2025.1509333/full>

3. Pi J, Zhang G, Zeng G. Editorial: Gut–lung interaction axis. *Front Microbiol.* 2023 Feb 28;14:1159629. doi:10.3389/fmicb.2023.115629. PMID:36925483; PMCID:PMC10011617. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36925483/>
4. Wang L, Cai Y, Garssen J, Henricks PAJ, Folkerts G, Braber S. The bidirectional gut-lung axis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2023 May 1;207(9):1145–1160. doi:10.1164/rccm.202206-1066TR. PMID:36883945; PMCID:PMC10161745. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36883945/>
5. Wiertsema SP, van Bergenhenegouwen J, Garssen J, Knippels LMJ. The interplay between the gut microbiome and the immune system in the context of infectious diseases throughout life and the role of nutrition in optimizing treatment strategies. *Nutrients.* 2021 Mar 9;13(3):886. doi:10.3390/nu13030886. PMID:33803407; PMCID:PMC8001875. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33803407/>
6. Nobile CJ, Johnson AD. *Candida albicans* biofilms and human disease. *Annu Rev Microbiol.* 2015;69:71–92. doi:10.1146/annurev-micro-091014-104330. PMID:26488273; PMCID:PMC4930275. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26488273/>
7. Trompette A, Gollwitzer ES, Yadava K, Sichelstiel AK, Sprenger N, Ngom-Bru C, et al. Gut microbiota metabolism of dietary fiber influences allergic airway disease and hematopoiesis. *Nat Med.* 2014 Feb;20(2):159–166. doi:10.1038/nm.3444. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nm.3444>
8. Kanj AN, et al. Dysbiosis of the intestinal fungal microbiota increases lung ILC2 and asthma severity. *Respir Res.* 2023;24:144. <https://doi.org/10.1186/s12931-023-02422-5>
9. Kisiel M, et al. IBD and asthma: Results from RHINE Study. *Respir Med.* 2023;216:107307. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2023.107307>
10. GBD 2017 Inflammatory Bowel Disease Collaborators, Alatab S, Sepanlou SG, Ikuta K, Vahedi H, Bisignano C, Safiri S, et al. The global, regional, and national burden of inflammatory bowel disease in 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2020 Jan;5(1):17–30. doi:10.1016/S2468-1253(19)30333-4. Epub 2019 Oct 21. PMID:31648971; PMCID:PMC7026709. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31648971/>
11. Venkatesan P. 2023 GINA report for asthma. *Lancet Respir Med.* 2023 Jul;11(7):589. doi:10.1016/S2213-2600(23)00230-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37302397/>
12. Timm S, Svanes C, Janson C, Sigsgaard T, Johannessen A, Gislason T, et al. Place of upbringing in early childhood as related to inflammatory bowel diseases in adulthood: a population-based cohort study in Northern Europe. *Eur J Epidemiol.* 2014 Jun;29(6):429–437. doi:10.1007/s10654-014-9922-3. Epub 2014 Jun 11. PMID:24916994; PMCID:PMC4065648. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24916994/>
13. Dang AT, Marsland BJ. Microbes, metabolites, and the gut-lung axis. *Mucosal Immunol.* 2019 Jul;12(4):843–850. doi:10.1038/s41385-019-0160-6. Epub 2019 Apr 11. PMID:30976087. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30976087/>
14. Kisiel MA, Sedvall M, Malinovschi A, Franklin KA, Gislason T, Shlunssen V, et al. Inflammatory bowel disease and asthma. Results from the RHINE study. *Respir Med.* 2023 Sep;216:107307. doi:10.1016/j.rmed.2023.107307. PMID:37271300. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37271300/>
15. Deshmukh F, Vasudevan A, Mengalie E. Association between irritable bowel syndrome and asthma: a meta-analysis and systematic review. *Ann Gastroenterol.* 2019 Nov-Dec;32(6):570–577. doi:10.20524/aog.2019.0426. Epub 2019 Oct 21. PMID:31700233; PMCID:PMC6826079. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6826079/>
16. Herling A, Perluk TM, Freund O, Maharshak N, Cohen NA. Pulmonary manifestations of IBD: case report and review of the literature. *J Clin Med.* 2024 Sep 12;13(18):5401. doi:10.3390/jcm13185401. PMID:39336887; PMCID:PMC11432544. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39336887/>
17. Suzuki A, Noro R, Omori J, Terasaki Y, Tanaka T, Fujita K, et al. Pulmonary manifestation of inflammatory bowel disease: two case reports. *Respir Med Case Rep.* 2023;45:101914. doi:10.1016/j.rmcr.2023.101914. PMID:37304335. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213007123001090>
18. Intestinal dysbiosis and inflammation in cystic fibrosis impacts gut and lung disease. *Lancet Microbe.* 2022 Mar;3(3):e151–e158. doi:10.1016/S2590-0978(22)00007-6. PMID:35124811. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590097822000076>
19. Lynch SV. The lung microbiome and airway disease. *Ann Am Thorac Soc.* 2016 Dec;13 Suppl 2(Suppl 5):S462–S465. doi:10.1513/AnnalsATS.201605-356AW. PMID:28005424; PMCID:PMC5291470. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28005424/>
20. Tam RY, van Dorst JM, McKay I, Coffey M, Ooi CY. Intestinal inflammation and alterations in the gut microbiota in cystic fibrosis: a review of the current evidence, pathophysiology and future directions. *J Clin Med.* 2022;11(3):649. doi:10.3390/jcm11030649. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/3/649>
21. Ritchie AI, Baker JR, Parekh TM, Allinson JP, Bhatt SP, Donnelly LE, Donaldson GC. Update in chronic obstructive pulmonary disease 2020. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021 Jul 1;204(1):14–22. doi:10.1164/rccm.202102-0253UP. PMID:33856972; PMCID:PMC8437128. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33856972/>
22. SeyedAlinaghi S, Afzalian A, Pashaei Z, Varshochi S, Karimi A, Mojdeganlou H, et al. Gut microbiota and COVID-19: a systematic review. *Health Sci Rep.* 2023 Jan 27;6(2):e1080. doi:10.1002/hsr2.1080. Retraction in: *Health Sci Rep.* 2023 Jul 25;6(7):e1460. doi:10.1002/hsr2.1460. PMID:36721396; PMCID:PMC9881458. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36721396/>
23. de Oliveira GLV, Oliveira CNS, Pinzan CF, de Salis LVV, Cardoso CRB. Microbiota modulation of the gut-lung axis in

- COVID-19. *Front Immunol*. 2021 Feb 24;12:635471. doi:10.3389/fimmu.2021.635471. PMID:33717181; PMCID:PMC7945592. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33717181/>
24. Castañeda Guillot C. Microbiota pulmonar y eje intestino-pulmón. *Rev Cubana Pediatr*. 2021;93(4):e1403. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312021000400012
25. Martín Giménez VM, Modrego J, Gómez-Garre D, Manucha W, de Las Heras N. Gut microbiota dysbiosis in COVID-19: modulation and approaches for prevention and therapy. *Int J Mol Sci*. 2023 Jul 31;24(15):12249. doi:10.3390/ijms241512249. PMID:37569625; PMCID:PMC10419057. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37569625/>
26. Giannos P, Prokopidis K. Gut dysbiosis and long COVID-19: feeling gutted. *J Med Virol*. 2022 Jul;94(7):2917–2918. doi:10.1002/jmv.27684. Epub 2022 Mar 7. PMID:35233795; PMCID:PMC9088471. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35233795/>
27. Borrego Ruiz A, Borrego JJ. Influencia de la dieta vegetariana en el microbioma intestinal humano. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2024 Jul 8;44(3):149–57. doi:10.12873/443borrego. Disponible en: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/655> (revista.nutricion.org)

Sensory attributes and potential health benefits: an untrained consumer panel's evaluation of peruvian dark chocolate at varying cocoa levels (40%, 60%, 72%)

Andrea L. Bohórquez-Medina^{2,3}, Sofía L. Bohórquez-Medina^{1,3}, Sandra Zubieta⁴

1 Carrera de Arte Culinario, Facultad de Administración Hotelera, Turismo y Gastronomía, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Peru.

2 Carrera de Innovación y Gestión en Gastronomía, Facultad de Administración Hotelera, Turismo y Gastronomía, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Peru.

3 Grupo de Investigación en Gastronomía y Arte Culinario (GIGAC), Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Peru.

4 Carrera de Administración Hotelera, Facultad de Administración Hotelera, Turismo y Gastronomía, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Peru.

Recibido: 24/julio/2025. Aceptado: 27/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: El chocolate negro es considerado un alimento funcional por su elevado contenido de compuestos bioactivos, como polifenoles, flavonoides y metilxantinas, relacionados con beneficios cardiovasculares y protección antioxidante. Sin embargo, la aceptación del consumidor puede verse influenciada por el porcentaje de cacao, el cual afecta tanto las características sensoriales como el potencial saludable del producto.

Objetivo: Evaluar la aceptabilidad sensorial de formulaciones de chocolate negro peruano con diferentes porcentajes de cacao (40 %, 60 % y 72 %) y analizar la relación entre el contenido de cacao y las preferencias del consumidor.

Metodología: Se evaluaron tres muestras de chocolate negro con 40 %, 60 % y 72 % de sólidos de cacao, mediante un panel de 66 consumidores jóvenes no entrenados (entre 18 y 40 años). Se valoraron los atributos sensoriales de color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general utilizando una escala hedónica de 9 puntos. El análisis estadístico se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis y comparaciones post hoc de Mann-Whitney ($p < 0.05$).

Resultados: Se encontraron diferencias significativas en el sabor ($p = 0.041$) y en la aceptabilidad general ($p = 0.017$),

siendo el chocolate con 40 % de cacao el más preferido. No se observaron diferencias significativas en color, aroma ni textura. La preferencia por menores contenidos de cacao se atribuye a una menor percepción de amargor y astringencia.

Conclusiones: Aunque los chocolates con mayor porcentaje de cacao ofrecen mayores beneficios para la salud, sus atributos sensoriales intensos pueden limitar la aceptación del consumidor. Optimizar el contenido de cacao resulta clave para equilibrar funcionalidad nutricional y preferencia sensorial.

PALABRAS CLAVE

Alimentos funcionales, Aceptabilidad del consumidor, Beneficios para la salud, Cacao peruano, Flavonoides.

ABSTRACT

Introduction: Dark chocolate is considered a functional food due to its high content of bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids, and methylxanthines. These components are associated with cardiovascular health benefits and antioxidant protection. However, consumer acceptance of dark chocolate can vary depending on its cocoa content, which influences both sensory characteristics and health potential.

Objective: To evaluate the sensory acceptability of Peruvian dark chocolate formulations with different cocoa percentages (40 %, 60 %, and 72 %) and explore the relationship between cocoa content and consumer preferences.

Methodology: Three dark chocolate samples with varying cocoa solid content (40 %, 60 %, and 72 %) were evaluated by

Correspondencia:
Sofía L. Bohórquez-Medina
sofia.bohorquez@usil.pe

66 untrained young adult consumers (aged 18–40 years). Sensory attributes including color, aroma, flavor, texture, and overall acceptability were assessed using a 9-point hedonic scale. Data were analyzed using the Kruskal–Wallis test and Mann–Whitney U post hoc comparisons ($p < 0.05$).

Results: Significant differences were found in flavor ($p = 0.041$) and overall acceptability ($p = 0.017$), with the 40 % cocoa chocolate rated most favorably. No significant differences were observed in color, aroma, or texture. Lower cocoa content was associated with higher consumer preference, likely due to reduced bitterness and astringency.

Conclusions: Despite the greater health benefits of high-percentage dark chocolate, intense sensory attributes may hinder consumer acceptability. Balancing cocoa content is essential to ensure both nutritional functionality and consumer satisfaction.

KEYWORDS

Functional foods, Consumer acceptability, Health benefits, Peruvian cocoa, Flavonoids.

INTRODUCTION

Dark chocolate is recognized as a functional food due to its high polyphenol content—particularly catechins, anthocyanins, and proanthocyanidins—which confer antioxidant properties that support cardiovascular health and reduce oxidative stress, despite its bitter and astringent flavor potentially affecting consumer acceptability¹. Peru has emerged

as a key global cocoa exporter, with a 129% increase in cocoa exports in early 2025, reaching US\$333 million across 34 markets, led by the United States (23%)². The export portfolio includes cocoa beans (39%), butter (30%), and powder (10%). Government programs have strengthened 157 cocoa organizations in 11 regions, while Peru cultivated 198,213 hectares in 2023, producing 165,886 tons and ranking eleventh globally. Distinctive Peruvian varieties such as CAP-39, INDES-CES, and CCN-51 are valued for their agronomic and phytochemical properties.

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is one of the most phytonutrient-rich crops, containing over 300 compounds, including polyphenols (catechins, anthocyanins, proanthocyanidins), methylxanthines (theobromine, caffeine), and amino acids such as tryptophan, tyrosine, and arginine, which contribute to its antioxidant, anti-inflammatory, cardiometabolic, and neuroprotective effects³. Cocoa also provides high levels of fat (25.6%), protein (20.4%), fiber, essential minerals and bioactive compounds as seen in Figure 1. However, high concentrations of certain compounds can compromise sensory acceptability by increasing bitterness and astringency, underscoring the need to balance health benefits and palatability through optimized cultivation and processing. Despite being often misclassified as ultra-processed, high-quality dark chocolate typically contains minimal ingredients and retains significant nutritional value, supporting its inclusion in a balanced diet when consumed in moderation³.

Polyphenols have garnered significant scientific interest due to their potential health benefits; however, considerable vari-

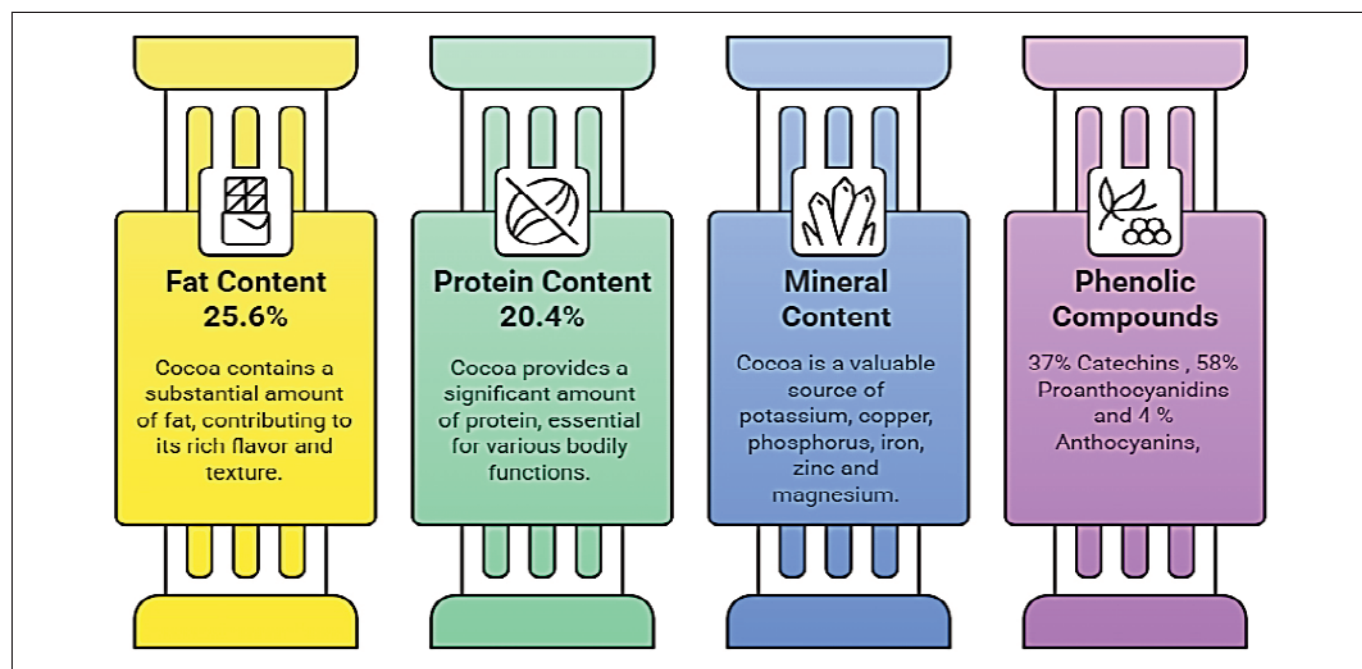


Figure 1. Nutritional and Bioactive Composition of Cocoa: Macronutrients, Minerals, and Phenolic Compounds

ability exists within this diverse class of compounds. Cocoa and cocoa-derived products, particularly chocolate, are recognized as important dietary sources of flavan-3-ols, primarily epicatechin and its associated proanthocyanidins. Research on these compounds has yielded valuable insights into their bioavailability and metabolic pathways. Notably, native (–)-epicatechin demonstrates superior bioavailability compared to its stereoisomers produced during thermal processing (such as roasting) and alkalization treatments. Following absorption, phase II conjugates of epicatechin, along with phenolic acid metabolites that do not retain intact flavanol structures, can be detected in plasma and urine. The gut microbiota plays a crucial role in the metabolism of flavanols, facilitating the conversion of non-absorbed compounds into valerolactone derivatives. Research has demonstrated that these microbial metabolites can achieve plasma concentrations that are approximately five times greater than those of epicatechin conjugates⁴. Although the complete physiological significance of these metabolites remains to be fully elucidated, emerging evidence suggests their potential implications for human health. The complex metabolic transformations of cocoa flavanols, which encompass both host enzymatic modifications and microbial bioconversion, underscore the necessity for a comprehensive investigation into their bioactive potential beyond that of the parent compounds.

Cardiovascular Effects of Dark Chocolate: Mechanisms and Clinical Evidence

Dark chocolate, rich in flavonoids and methylxanthines, has been extensively studied for its cardiovascular benefits, primarily attributed to antioxidant, anti-inflammatory, and vasodilatory effects. Epidemiological and clinical studies support an inverse association between moderate dark chocolate intake and cardiovascular disease risk, including hypertension, stroke, and myocardial infarction^{3,4}. These effects are linked to improved endothelial function via enhanced nitric oxide bioavailability, downregulation of pro-inflammatory genes, and inhibition of oxidative stress pathways such as NOX-2. A meta-analysis of 31 trials reported significant reductions in both systolic and diastolic blood pressure, especially with chocolate consumption delivering ≥ 900 mg of flavanols per day⁵. Randomized trials further confirm improvements in arterial stiffness, pulse wave velocity, and flow-mediated dilation following high-cocoa dark chocolate intake⁶⁻⁸.

Additionally, Mendelian randomization analyses provide genetic evidence supporting a causal relationship between dark chocolate consumption and reduced risk of essential hypertension⁴. While cocoa solids correlate positively with theobromine content—another bioactive compound with potential vasomodulatory properties—evidence also suggests hormonal interactions may enhance vascular effects in specific populations, such as women across menstrual phases⁵. Despite these promising findings, further long-

term studies are needed to define optimal dosages and fully elucidate the complex mechanisms underlying these cardioprotective effects.

Cardiometabolic and Systemic Health Benefits of Dark Chocolate

Numerous clinical trials and meta-analyses have demonstrated that dark chocolate, particularly due to its high cocoa and flavonoid content, exerts beneficial effects on cardiometabolic health. Regular consumption has been associated with improved lipid profiles, including reductions in total cholesterol, LDL, triglycerides, and increases in HDL concentrations^{9,10}. Additional studies report reductions in body weight and BMI after cocoa supplementation¹¹, without promoting weight gain even at high cocoa concentrations.

Cardiovascular benefits extend to blood pressure regulation¹², anti-inflammatory effects marked by reduced CRP levels and potential anticancer actions through antiproliferative mechanisms¹⁰. In diabetic populations, meta-analyses and RCTs show that cocoa or dark chocolate can significantly reduce LDL cholesterol, fasting glucose, and inflammatory markers while improving hemoglobin A1c and HDL levels^{9,13}. Notably, cocoa flavonoids may also support microvascular function, as suggested by improved retinal blood flow in healthy subjects. Together, these findings as seen in Figure 2, support the inclusion of high-cocoa dark chocolate as a functional dietary component, particularly when integrated with lifestyle interventions, though further research is needed to define optimal intake and long-term outcomes¹³.

Anti-inflammatory, Anticancer, and Cognitive Benefits

Cocoa flavonoids—particularly catechins and epicatechins—exhibit a range of bioactive effects, including antioxidant, anti-inflammatory, and neuroprotective properties, that may contribute to the prevention of chronic diseases. These compounds neutralize reactive oxygen species, reduce inflammation associated with cancer development, and help maintain proper cell cycle regulation, thereby limiting the risk of malignant transformation¹⁴. Furthermore, cocoa flavonoids have demonstrated the ability to induce apoptosis in cancer cells and inhibit tumor angiogenesis, restricting vascular support essential for tumor growth and metastasis¹⁴⁻¹⁶. In the neurological domain, acute consumption of dark chocolate has been linked to enhanced memory and cognitive performance, supporting the neuromodulatory effects of cocoa flavanols. Figure 3 illustrates these proposed mechanisms, highlighting the interconnected pathways through which cocoa bioactives may exert protective effects against cancer and support cognitive health.

Therefore, this study aimed to assess the sensory acceptability of dark chocolate formulations with varying cocoa con-

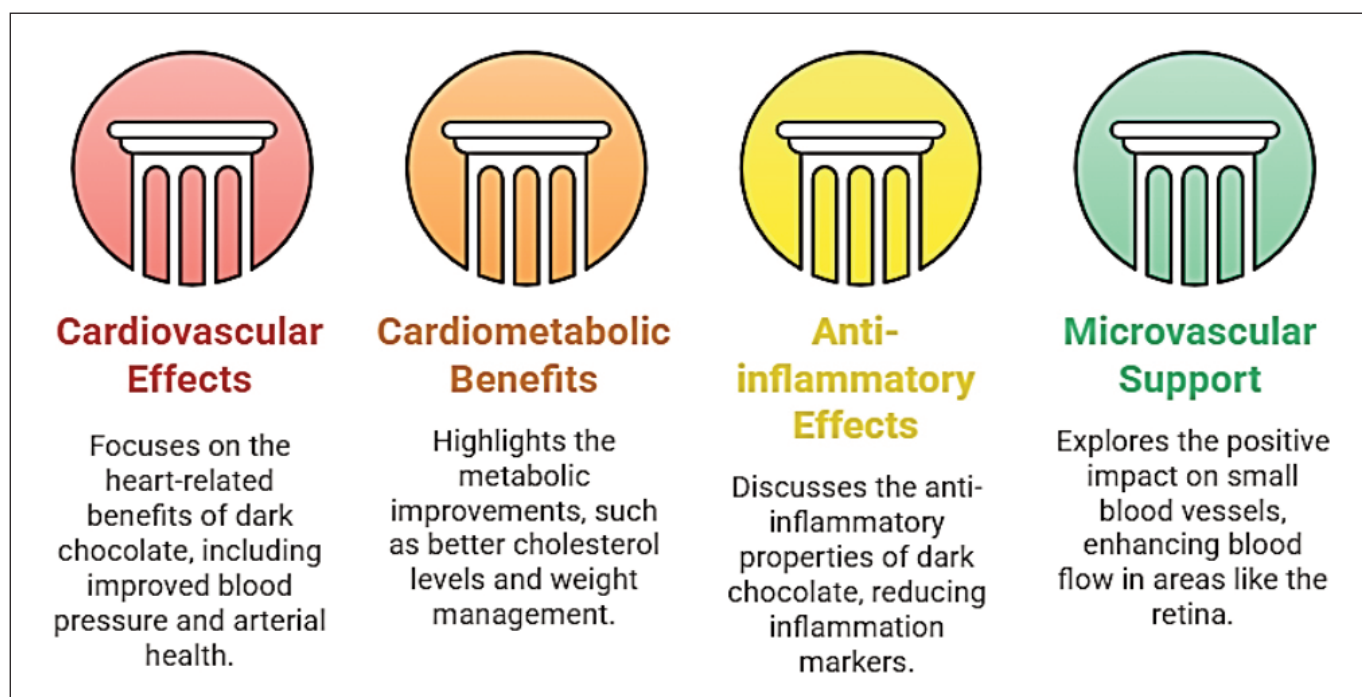


Figure 2. Mechanistic Insights into the Health Effects of Dark Chocolate: Cardiovascular, Metabolic, and Anti-inflammatory Roles

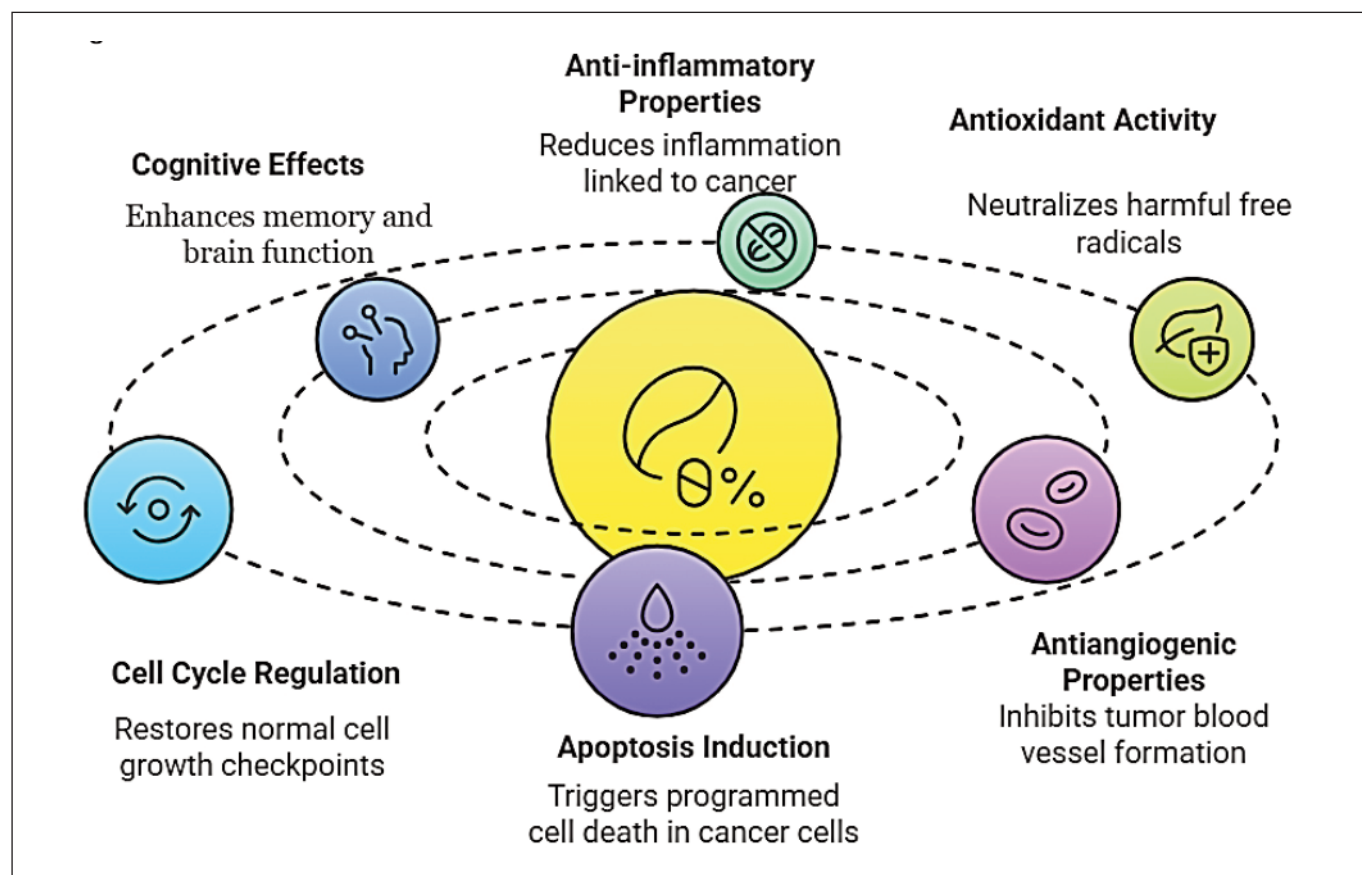


Figure 3. Health-related benefits of cocoa flavonoids: Antioxidant, anticancer, and neurocognitive effects

tent (40%, 60%, and 72%) among young adult consumers, in order to explore how cocoa percentage influences sensory perception and overall preference—key factors for aligning health benefits with consumer appeal.

MATERIALS AND METHODS

Sensory evaluation

Three types of Peruvian chocolates with 40% (Commercial name: *La Ibérica*), 60% and 72% cocoa (both with the commercial name *Orquídea*) were evaluated in an untrained panel (n=66) (See Figure 4.). The sensory evaluation utilized a nine-point scale: "Dislike Extremely", "Dislike Very Much", "Dislike Moderately", "Dislike Slightly", "Neutral", "Like Slightly", "Like Moderately", "Like Very Much" and "Like Extremely"¹⁷⁻¹⁹.

Statistical Methodology

In the analysis of sensory evaluation data, the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 25) software was employed. The sensory analysis of three chocolate formulations (40%, 60%, and 72% cacao) involved the evaluation of five

attributes: color, aroma, flavor, texture, and overall acceptability. To assess the distribution of the data, the Kolmogorov-Smirnov test was applied, yielding p-values less than 0.05 for all variables, indicating a significant deviation from normality. In contrast, Levene's test showed p-values greater than 0.05 across all attributes, confirming the assumption of homogeneity of variances. Given the violation of normality but compliance with homoscedasticity, the non-parametric Kruskal-Wallis test was selected as the most appropriate method to compare median sensory scores among the three formulations. This statistical approach ensures robust and reliable interpretation of sensory differences in the presence of non-normal data distributions. In instances where statistical significance was observed in the attributes of flavor and overall acceptability, Mann-Whitney post hoc tests were conducted for pairwise comparisons between the formulations.

RESULTS

A descriptive analysis of the sensory attributes evaluated (color, aroma, flavor, texture, and overall acceptability) was conducted for the three chocolate formulations (40%, 60%, and 72% cocoa) to observe trends in panelist preferences. For the

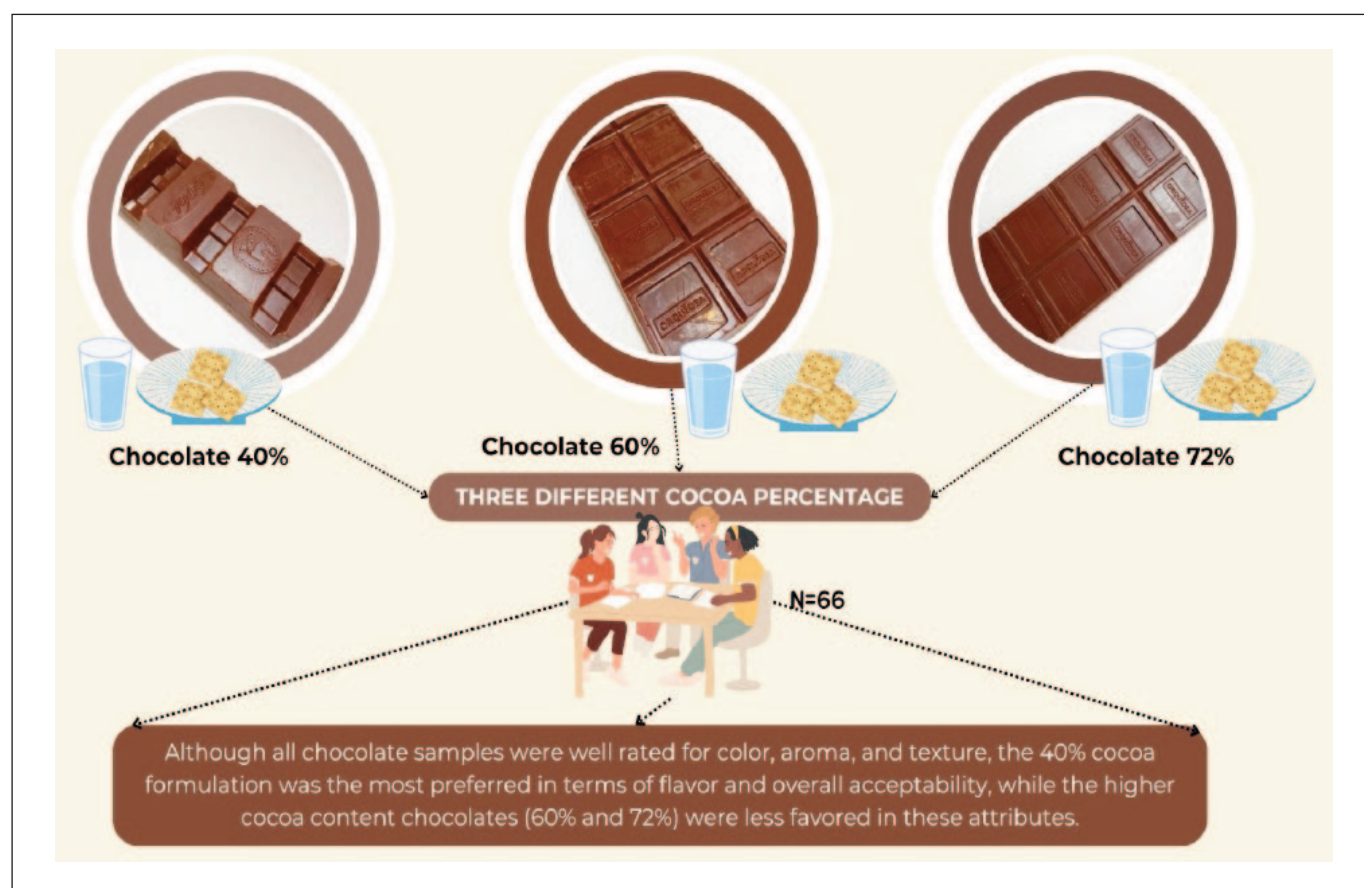


Figure 4. Experimental Design for Sensory Testing of Chocolate Samples with Varying Cocoa Percentages

Table 1. Descriptive statistics of the three formulations of Peruvian commercial Dark Chocolate (40%; 60% y 72% of cacao)

Cacao		N	Mean	Standard Deviation	Standard Error	Confidence Interval for Mean at 95%		Min	Max	Test	Sig.
						Lower Limit	Upper Limit				
Color	40%	66	7,45	1,255	,154	7,15	7,76	3	9	Kruskal-Wallis	.315
	60%	66	7,23	1,148	,141	6,95	7,51	4	9		
	72%	66	7,30	1,289	,159	6,99	7,62	4	9		
	Total	198	7,33	1,229	,087	7,16	7,50	3	9		
Aroma	40%	66	7,12	1,494	,184	6,75	7,49	4	9	Kruskal-Wallis	.383
	60%	66	7,02	1,493	,184	6,65	7,38	3	9		
	72%	66	6,77	1,537	,189	6,39	7,15	3	9		
	Total	198	6,97	1,508	,107	6,76	7,18	3	9		
Taste	40%	66	7,45	1,338	,165	7,13	7,78	4	9	Kruskal-Wallis	.041
	60%	66	6,98	1,687	,208	6,57	7,40	3	9		
	72%	66	6,59	1,921	,237	6,12	7,06	2	9		
	Total	198	7,01	1,695	,120	6,77	7,25	2	9		
Texture	40%	66	7,35	1,246	,153	7,04	7,65	4	9	Kruskal-Wallis	.225
	60%	66	7,27	1,222	,150	6,97	7,57	4	9		
	72%	66	6,97	1,324	,163	6,64	7,30	3	9		
	Total	198	7,20	1,269	,090	7,02	7,37	3	9		
Overall acceptance	40%	66	7,68	1,152	,142	7,40	7,97	5	9	Kruskal-Wallis	.017
	60%	66	7,12	1,524	,188	6,75	7,50	3	9		
	72%	66	6,95	1,573	,194	6,57	7,34	3	9		
	Total	198	7,25	1,456	,103	7,05	7,46	3	9		

attribute color, the 40% cocoa formulation received the highest mean score ($M = 7.45$; $SD = 1.26$), followed closely by the 72% cocoa ($M = 7.30$; $SD = 1.29$) and the 60% cocoa formulation ($M = 7.23$; $SD = 1.15$). All three formulations received high scores within a narrow range (min = 3, max = 9), indicating a favorable perception of color across all samples. Regarding aroma, the highest mean was also observed for the 40% cocoa ($M = 7.12$; $SD = 1.49$), followed by 60% ($M = 7.02$; $SD = 1.49$), and 72% ($M = 6.77$; $SD = 1.54$). A slight decline in aroma appreciation was noted as cocoa content increased. For the flavor attribute, more pronounced differences were observed among the samples. The 40% cocoa formulation again had the highest

mean ($M = 7.45$; $SD = 1.34$), whereas the 72% cocoa formulation received the lowest ($M = 6.59$; $SD = 1.92$). Flavor showed the greatest variability among panelist ratings, with scores ranging from 2 to 9. In terms of texture, all formulations received mean scores above 6.9, with the 40% cocoa formulation leading slightly ($M = 7.35$; $SD = 1.25$), suggesting consistent textural quality among the samples. For overall acceptability, the 40% cocoa sample was again rated the highest ($M = 7.68$; $SD = 1.15$), followed by the 60% ($M = 7.12$; $SD = 1.52$) and 72% cocoa formulations ($M = 6.95$; $SD = 1.57$). These results point to a clear preference among panelists for the chocolate with lower cocoa content across all sensory attributes.

As shown in Table 2, the 72% cocoa chocolate had the highest energy, fat, and fiber content, while the 60% cocoa sample contained the highest carbohydrate level. Bioactive compound concentrations, including polyphenols, procyanidins, flavanols (epicatechin + catechin), and antioxidant capacity (ORAC), increased with cocoa percentage, approximately doubling from 40% to 72%.

In general, the maximum score for all attributes was 9, while minimum scores ranged from 2 to 5. This indicates moderate dispersion in the responses, with an overall tendency toward high ratings. The Kruskal-Wallis test was applied to determine whether there were significant differences among the formulations with respect to the sensory attributes of color, aroma, flavor, texture, and overall acceptability. The results revealed statistically significant differences in flavor ($H = 6.412$; $p = 0.041$) and overall acceptability ($H = 8.126$; $p = 0.017$). No significant differences were observed for color ($p = 0.315$), aroma ($p = 0.383$), or

texture ($p = 0.225$). Given the significant findings in flavor and overall acceptability, post hoc pairwise comparisons were conducted using the Mann-Whitney U test. For the flavor attribute, a statistically significant difference was found between the 40% and 72% cocoa formulations ($U = 1638.000$; $p = 0.012$), with the 40% formulation receiving higher ratings. However, no significant differences were observed between the 40% and 60% ($p = 0.141$), or between the 60% and 72% cocoa samples ($p = 0.281$) (Table 3). Regarding overall acceptability, significant differences were identified between the 40% and 60% cocoa formulations ($U = 1747.500$; $p = 0.043$) and between the 40% and 72% cocoa formulations ($U = 1596.000$; $p = 0.006$), with the 40% formulation again being rated more favorably. No significant difference was found between the 60% and 72% cocoa formulations ($p = 0.458$) (Table 4).

In summary, the results indicate that the 40% cocoa formulation was the most positively evaluated in terms of flavor

Table 2. Nutritional Composition and Bioactive Compounds of Dark Chocolate by Cocoa Percentage (per 100 g and 20 g)

Sample	Energy (Kcal/100g)	CHO (g)	Sugar (g)	FIB (g)	FAT (g)	SFA (g)	Cocoa Solids	TP (mg GAE) ^(a)	TPR (mg) ^(a)	FLAV (EC + CAT) (mg) ^(a)	ORAC (μmol TE) ^(a)
40%	550	55.00	45.00	<4	30	20	~40%	600 - 1,200	200 - 450	30 - 80	6,000 - 12,000
60%	547	62.20	NR	NR	31.1	NR	~60%	900 - 1,800	300 - 650	45 - 120	9,000 - 18,000
72%	622	44.40	40.00	8.9	44.4	26.7	~70-72%	1,050 - 2,100	350 - 750	50 - 140	10,500 - 21,000
40%	110	11.00	9.00	<1	6	4	~40%	120 - 240	40 - 90	6 - 16	1,200 - 2,400
60%	109	12.44	NR	NR	6.2	NR	~60%	180 - 360	60 - 130	9 - 24	1,800 - 3,600
72%	124	8.88	8.00	1.8	8.9	5.3	~70-72%	210 - 420	70 - 150	10 - 28	2,100 - 4,200

Abbreviations: CHO, carbohydrates; PRO, protein; FAT, total fat; FIB, dietary fiber; TP, total polyphenols; TPR, total procyanidins; FLAV, flavanols (epicatechin [EC] + catechin [CAT]); ORAC, oxygen radical absorbance capacity; GAE, Gallic Acid Equivalents; TE, Trolox Equivalents (ORAC method); NR= Not Reported

(a) Data for bioactive compounds are presented as ranges derived from a synthesis of four published studies on commercial dark chocolate²⁰⁻²³.

Table 3. Mann-Whitney Test statistics of the three formulations of Peruvian commercial Dark Chocolate (40%; 60% y 72% of cacao) on flavor sub-analysis

40% - 60%		60% - 72%		40% - 72%	
	Color		Color		Color
Mann-Whitney U	1862,500	Mann-Whitney U	1946,000	Mann-Whitney U	1638,000
Wilcoxon W	4073,500	Wilcoxon W	4157,000	Wilcoxon W	3849,000
Z	-1,471	Z	-1,077	Z	-2,505
Asymp. Sig. (2-tailed)	,141	Asymp. Sig. (2-tailed)	,281	Asymp. Sig. (2-tailed)	,012

Table 4. Mann-Whitney Test statistics of the three formulations of Peruvian commercial Dark Chocolate (40%; 60% y 72% of cacao) on Overall_Acceptability sub-analysis

40% - 60%		60% - 72%		40% - 72%	
	Color		Color		Color
Mann-Whitney U	1747,500	Mann-Whitney U	1596,000	Mann-Whitney U	2019,500
Wilcoxon W	3958,500	Wilcoxon W	3807,000	Wilcoxon W	4230,500
Z	-2,028	Z	-2,753	Z	-,743
Asymp. Sig. (2-tailed)	,043	Asymp. Sig. (2-tailed)	,006	Asymp. Sig. (2-tailed)	,458

and overall acceptability, suggesting a sensory preference among panelists for chocolates with lower cocoa content in this study.

DISCUSSIONS

The results of this study indicate a clear preference for the 40% cocoa chocolate formulation across all assessed sensory attributes, particularly in flavor and overall acceptability. These findings are partially consistent with those of Torres-Moreno et al., 2012²⁴, who reported significant variability in chocolate acceptability depending on cocoa bean type and roasting duration, with flavor identified as the primary determinant of consumer choice. While all three formulations (40%, 60%, and 72% cocoa) in our study received favorable ratings for color, aroma, and texture, statistically significant differences were observed only for flavor ($H = 6.412$; $p = 0.041$) and overall acceptability ($H = 8.126$; $p = 0.017$), as determined by the Kruskal-Wallis test.

These results suggest that increasing cocoa content significantly influences flavor perception, with a noticeable trend toward decreased preference as cocoa solids increase—likely due to the bitterness and astringency associated with higher phenolic compound concentrations. Post hoc analyses confirmed these findings: the 40% cocoa chocolate was rated significantly higher in flavor than the 72% formulation ($U = 1638.000$; $p = 0.012$), and in overall acceptability compared to both the 60% ($U = 1747.500$; $p = 0.043$) and 72% formulations ($U = 1596.000$; $p = 0.006$). No significant differences were observed between the 60% and 72% samples, suggesting that acceptability may stabilize or decline beyond a certain cocoa threshold among untrained consumers.

Unlike Torres-Moreno et al., 2012, who identified a bimodal distribution of preferences suggesting divergent consumer segments, our untrained panel of 66 participants showed less dispersion and generally high acceptance scores. This reduced polarization may reflect familiarity with local chocolate profiles and highlights the importance of cultural context in sensory evaluation. These findings emphasize the need to

balance bioactive compound concentrations with sensory appeal when developing higher-cocoa chocolate products. Although the functional health benefits of dark chocolate are well documented, sensory characteristics remain crucial for consumer acceptance, particularly in populations more accustomed to sweeter profiles.

Torres-Moreno et al., 2012 also found that regular chocolate consumers assigned significantly higher scores than non-consumers, supporting the role of consumption frequency in shaping preferences. This aligns with the work of Duffy et al.²⁵, who showed that sensory acceptability depends not only on flavor but also on exposure and adaptation. Similar trends have been observed in other bitter foods and beverages, where repeated consumption leads to increased liking^{26,27}. These findings suggest that familiarization is a viable strategy for increasing acceptance of higher-cocoa chocolates, thereby enhancing both enjoyment and health outcomes²⁸. Our study also aligns with Martins et al. (2023), who found that chocolates with higher concentrations of theobromine, caffeine, and anthocyanins were less preferred due to increased bitterness and astringency. Similarly, our 40% cocoa formulation received significantly higher scores for flavor ($p = 0.012$) and overall acceptability ($p = 0.006$) than higher cocoa variants. While Martins et al. identified fruity and caramel notes as key drivers of acceptance, our 40% sample was distinguished by its balance in texture ($M = 7.35$) and aroma ($M = 7.12$)²⁹. This variation may reflect differences in cocoa origin, genetic profile, and manufacturing practices. Regarding texture, all three formulations scored highly (>6.9) without significant differences ($p = 0.225$), contrasting with Martins et al.²⁹, who reported negative correlations between texture and melting characteristics. The use of commercial chocolate in our study likely contributed to this consistency, as industrial formulations often standardize textural quality regardless of cocoa concentration. The intense flavors of high-cocoa chocolates may also mask aromatic and textural attributes, which were more perceptible and positively evaluated in the 40% sample. Although we did not chemically analyze the chocolates, our sensory results support the hypothesis that higher concentra-

tions of bioactive compounds—such as those described by Martins et al.—may decrease acceptance among casual consumers. Future research should incorporate compositional analyses of Peruvian chocolates to directly correlate chemical profiles with sensory attributes²⁹.

These findings have important implications for the Peruvian chocolate industry. While Martins et al.²⁹ propose using cocoa hybrids to enhance flavor in high-cocoa formulations, our results suggest that lower cocoa percentages (40%) may be more appealing to mass-market consumers without sensory training. This does not preclude the marketability of higher cocoa chocolates but highlights the need for educational efforts and gradual exposure to promote their acceptance, particularly in light of their health-promoting properties²⁸. It is important to note that differences in sample type limit comparisons with studies like Martins et al.²⁹, which used cocoa samples of known genetic origin.

Future studies should explore the integration of chemical analysis with consumer segmentation (e.g., regular vs. occasional consumers) and assess how nutritional information may influence preference. When compared with Leite et al. (2013)³⁰, who evaluated Brazilian cultivars at a fixed cocoa concentration (67%), our study—focusing on variable cocoa percentages—revealed more pronounced differences in consumer preference. While Leite et al.³⁰ reported consistently high acceptance across cultivars, our findings suggest that cocoa content exerts a stronger influence on sensory perception than origin alone. Specifically, the 40% cocoa formulation received the highest overall acceptability ($M = 7.68$), outperforming the 60% and 72% variants. This supports the view that a lower intensity of bitterness and a better balance with sweetness appeal more to untrained consumers. Both studies identified flavor as the most discriminating attribute, and while texture remained consistently rated across all samples, our results suggest a decline in aroma scores as cocoa content increased (6.77 vs. 7.12). This underscores the heightened sensitivity to flavor in untrained panels and supports the use of intermediate cocoa formulations (40–60%) as an optimal balance between sensory appeal and potential health benefits.

Marketing strategies should account for consumer familiarity and sensory training levels. While Leite et al.³⁰ emphasized differences between cultivars, our findings reinforce the influence of cocoa percentage as a key factor in acceptance. For broad-market appeal, tailoring products to specific demographic profiles—particularly by balancing flavor intensity and bitterness—may be critical to consumer satisfaction. Consistent evidence suggests that repeated exposure enhances acceptance of dark chocolate's sensory characteristics. Studies indicate that regular consumers rate dark chocolate more favorably than occasional consumers, and this adaptation process parallels that observed with other bitter foods. Gradual exposure to higher-cocoa chocolates in

younger populations may foster long-term appreciation for healthier formulations. Moderate consumption of dark chocolate with high cocoa content ($\geq 70\%$) has been associated with cardiovascular benefits, largely due to its polyphenolic compounds. A standard 20 g serving provides approximately 100–120 kcal and 5–8 g of added sugar, while contributing ~70–150 mg of procyanidins and ~10–28 mg of flavanol monomers (epicatechin + catechin) (Table 2). These flavanols enhance endothelial function through increased nitric oxide bioavailability, reduce oxidative stress, and exert anti-inflammatory effects, together supporting vascular health. Consistent with these observations, Miller et al. (2009) reported that a typical serving of dark chocolate delivers higher levels of antioxidants and procyanidins than many commonly consumed foods²⁰. Incorporating 20–40 g of high-cocoa dark chocolate into the diet may therefore represent a practical strategy to increase total dietary polyphenol intake, which has been broadly associated with reduced cardiometabolic risk and improved overall health outcomes.

From a public health perspective, targeted interventions are warranted to encourage higher-cocoa chocolate consumption among younger consumers. Educational initiatives should highlight the dose-dependent health effects of cocoa bioactives, particularly their roles in cardiovascular and cognitive function. Nutrition education can also mitigate initial sensory resistance by emphasizing adaptation strategies and long-term benefits. These findings suggest opportunities for collaboration between the food industry and public health efforts. Intermediate products (60–72% cocoa) could function as transitional options, bridging the gap between low-cocoa confections and more healthful high-cocoa alternatives. Marketing strategies that associate dark chocolate with active, health-conscious lifestyles may further enhance its appeal among younger demographics. Although current preferences tend toward lower cocoa percentages, this trend represents an opportunity rather than a limitation. With strategic product development, education, and exposure, younger consumers can be guided toward higher-cocoa dark chocolate, aligning industry growth with improved public health outcomes.

CONCLUSIONS

This study revealed that cocoa percentage significantly affects the sensory perception of chocolate, particularly in the attributes of flavor and overall acceptability, where statistically significant differences were found ($p = 0.041$ and $p = 0.017$, respectively). The 40% cocoa formulation was significantly preferred over the 72% and 60% formulations in terms of flavor and overall acceptability. These results indicate a distinct preference among younger consumers for chocolate with 40% cocoa, attributed to its more balanced sensory profile and reduced bitterness. Although preference leaned toward lower cocoa content, this insight presents opportunities for

product development and educational strategies to guide consumers toward formulations with greater health benefits.

Future research should prioritize the development and evaluation of intervention strategies aimed at enhancing the acceptance of higher-cocoa dark chocolate among younger demographics. This may involve conducting longitudinal studies to monitor shifts in preference subsequent to controlled exposure protocols, as well as examining the optimal cocoa content thresholds that effectively balance health benefits with sensory acceptability. Furthermore, investigations should consider how product formulation and presentation—such as the pairing of complementary flavors or the provision of health-related information—could potentially improve the initial acceptance of higher-cocoa chocolates.

REFERENCES

- Ordoñez ES, Calderon-Pino J, Reátegui D. Effect of particle size on sensory and bioactive properties of chocolates with *Physalis peruviana* L and *Vaccinium* spp. *Rev Fac Nac Agron Medellín* [Internet]. 2023;76(2):10369–79. Available from: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n2.103168>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - Plataforma del Estado Peruano [Internet]. 2025 [cited 2025 Jul 20]. Exportaciones de cacao Perú primer trimestre del 2025. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/noticias/1172481-exportaciones-de-cacao-y-derivados-se-incrementaron-en-129-y-sumaron-us-333-millones-en-primer-trimestre-del-2025>
- Ditchfield C, Kushida MM, Mazalli MR, Sobral PJA. Can Chocolate Be Classified as an Ultra-Processed Food? A Short Review on Processing and Health Aspects to Help Answer This Question. *Foods* [Internet]. 2023;12(16). Available from: <https://doi.org/10.3390/foods12163070>
- Yang J, Zhou J, Yang J, Lou H, Zhao B, Chi J, et al. Dark chocolate intake and cardiovascular diseases: a Mendelian randomization study. *Sci Rep* [Internet]. 2024;14(1):968. Available from: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2919868/v1>
- Amoah I, Lim JJ, Osei EO, Arthur M, Tawiah P, Oduro IN, et al. Effect of cocoa beverage and dark chocolate consumption on blood pressure in those with normal and elevated blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Foods* [Internet]. 2022; 11(13):1962. Available from: <https://doi.org/10.3390/foods11131962>
- Pereira T, Maldonado J, Laranjeiro M, Coutinho R, Cardoso E, Andrade I, et al. Central arterial hemodynamic effects of dark chocolate ingestion in young healthy people: a randomized and controlled trial. *Cardiol Res Pract* [Internet]. 2014;2014(1): 945951. Available from: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/945951>
- Nogueira L de P, Knibel MP, Torres MRSG, Nogueira Neto JF, Sanjuliani AF. Consumption of high-polyphenol dark chocolate improves endothelial function in individuals with stage 1 hypertension and excess body weight. *Int J Hypertens* [Internet]. 2012;2012(1):147321. Available from: <https://doi.org/10.1155/2012/147321>
- Wang CW, Fang SH, Yu TA, Chen LY, Wang CK, Wang SC, et al. The Cardiovascular Benefits of Dark Chocolate Supplementation before High-Intensity Resistance Exercise in the Early Follicular and Mid-Luteal Phases of the Menstrual Cycle. *Sport Med - Open* [Internet]. 2025;11(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00850-9>
- Jafarirad S, Ayoobi N, Karandish M, Jalali MT, Haghighizadeh MH, Jahanshahi A. Dark chocolate effect on serum adiponectin, biochemical and inflammatory parameters in diabetic patients: A randomized clinical trial. *Int J Prev Med* [Internet]. 2018;9(1). Available from: https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_339_17
- Sarıtaş S, Duman H, Pekdemir B, Rocha JM, Oz F, Karav S. Functional chocolate: exploring advances in production and health benefits. *Int J Food Sci Technol* [Internet]. 2024;59(8): 5303–25. Available from: <https://doi.org/10.1111/ijfs.17312>
- Kord-Varkaneh H, Ghaedi E, Nazary-Vanani A, Mohammadi H, Shab-Bidar S. Does cocoa/dark chocolate supplementation have favorable effect on body weight, body mass index and waist circumference? A systematic review, meta-analysis and dose-response of randomized clinical trials. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2019;59(15):2349–62. Available from: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1451820>
- Matsumoto C, Tomiyama H, Kimura K, Shiina K, Kamei M, Inagaki H, et al. Modulation of blood pressure-lowering effects of dark chocolate according to an insulin sensitivity-randomized crossover study. *Hypertens Res* [Internet]. 2020;43(6):575–8. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41440-020-0395-3>
- Darand M, Hajizadeh Oghaz M, Hadi A, Atefi M, Amani R. The effect of cocoa/dark chocolate consumption on lipid profile, glycemia, and blood pressure in diabetic patients: A meta-analysis of observational studies. *Phyther Res* [Internet]. 2021;35(10): 5487–501. Available from: <https://doi.org/10.1002/ptr.7183>
- Edo GI, Samuel PO, Oloni GO, Ezekiel GO, Onoharigho FO, Oghenueke O, et al. Review on the Biological and Bioactive components of Cocoa (*Theobroma Cacao*). *Insight on Food, Health and Nutrition*. *Nat Resour Hum Heal* [Internet]. 2023;3(4):426–48. Available from: <https://doi.org/10.53365/nrfhh/174302>
- Ahmed S, Ahmed N, Rungtatscher A, Linardi D, Kulsoom B, Innamorati G, et al. Cocoa flavonoids reduce inflammation and oxidative stress in a myocardial ischemia-reperfusion experimental model. *Antioxidants* [Internet]. 2020;9(2):167. Available from: <https://doi.org/10.3390/antiox9020167>
- Subramaniam S, Selvaduray KR, Radhakrishnan AK. Bioactive compounds: natural defense against cancer? *Biomolecules* [Internet]. 2019;9(12):758. Available from: <https://doi.org/10.3390/biom9120758>
- Guevara KRM, Sánchez JAP, Bohórquez-Medina SL, Bohórquez-Medina AL. Development and sensory evaluation of edible flower incorporation in pastry products using avant-garde techniques. *Canrea J Food Technol Nutr Culin J* [Internet]. 2025;83–104. Available from: <https://doi.org/10.20956/canrea.v8i1.1740>
- Bohórquez-Medina SL, Bohórquez-Medina AL, Longa-López RA. Evidence-based formulation and overall acceptability of spirulina-enriched functional ice cream. *Nutr Clínica y Dietética Hosp*

- [Internet]. 2025;45(1). Available from: <https://doi.org/10.12873/451bohórquez>
19. Cárdenas-Jarama M, Bohórquez-Medina AL, Bohórquez-Medina SL, Agurto CC, Rojas KG. Formulation and sensory characterization of andean bread enriched with ulluco flour (*Ullucus tuberosus*). *Nutr Clínica y Dietética Hosp* [Internet]. 2025;45(1). Available from: <https://doi.org/10.12873/451cardenas>
 20. Miller KB, Hurst WJ, Flannigan N, Ou B, Lee CY, Smith N, et al. Survey of Commercially Available Chocolate- and Cocoa-Containing Products in the United States. 2. Comparison of Flavan-3-ol Content with Nonfat Cocoa Solids, Total Polyphenols, and Percent Cacao. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2009 Oct 14;57(19):9169–80. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf901821x>
 21. Gu L, House SE, Wu X, Ou B, Prior RL. Procyanidin and Catechin Contents and Antioxidant Capacity of Cocoa and Chocolate Products. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2006 May 1;54(11):4057–61. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf060360r>
 22. Cooper KA, Campos-Giménez E, Jiménez Alvarez D, Nagy K, Donovan JL, Williamson G. Rapid Reversed Phase Ultra-Performance Liquid Chromatography Analysis of the Major Cocoa Polyphenols and Inter-relationships of Their Concentrations in Chocolate. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2007 Apr 1;55(8):2841–7. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf063277c>
 23. Langer S, Marshall LJ, Day AJ, Morgan MRA. Flavanols and methylxanthines in commercially available dark chocolate: A study of the correlation with nonfat cocoa solids. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2011 Aug 10 [cited 2025 Aug 22];59(15):8435–41. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf201398t>
 24. Torres-Moreno M, Tarrega A, Costell E, Blanch C. Dark chocolate acceptability: influence of cocoa origin and processing conditions. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2012;92(2):404–11. Available from: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4592>
 25. Duffy VB, Bartoshuk LM. Food acceptance and genetic variation in taste. *J Am Diet Assoc* [Internet]. 2000;100(6):647–55. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(00\)00191-7](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(00)00191-7)
 26. Stein LJ, Nagai H, Nakagawa M, Beauchamp GK. Effects of repeated exposure and health-related information on hedonic evaluation and acceptance of a bitter beverage. *Appetite* [Internet]. 2003;40(2):119–29. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0195-6663\(02\)00173-3](https://doi.org/10.1016/S0195-6663(02)00173-3)
 27. Luckow T, Sheehan V, Delahunty C, Fitzgerald G. Determining the odor and flavor characteristics of probiotic, health-promoting ingredients and the effects of repeated exposure on consumer acceptance. *J Food Sci* [Internet]. 2005;70(1):S53–9. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09065.x>
 28. Nehlig A. The neuroprotective effects of cocoa flavanol and its influence on cognitive performance. *Br J Clin Pharmacol* [Internet]. 2013;75(3):716–27. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04378.x>
 29. Martins LM, de Santana LRR, Maciel LF, Soares SE, Ferreira ACR, Biasoto ACT, et al. Phenolic compounds, methylxanthines, and preference drivers of dark chocolate made with hybrid cocoa beans. *Res Soc Dev* [Internet]. 2023;12(4):e22912440782–e22912440782. Available from: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i4.40782>
 30. Leite PB, Bispo E da S, Santana LRR de. Sensory profiles of chocolates produced from cocoa cultivars resistant to *Moniliophthora Perniciosa*. *Rev Bras Frutic* [Internet]. 2013;35:594–602. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200031>

Sinergia entre leche materna y sucedáneos en paciente lactante con fenilcetonuria: Reporte de un caso

Synergy between breast-milk and substitutes in a lactating patient with phenylketonuria: Case report

Luis Angel KONG LOZANO

Hospital General de Jaén, Departamento de Apoyo al Tratamiento, Servicio de Nutrición y Dietética. Jaén, Perú.

Recibido: 18/agosto/2025. Aceptado: 29/agosto/2025.

RESUMEN

Introducción: La fenilcetonuria (PKU) es un error congénito del metabolismo que requiere control dietético estricto del aminoácido fenilalanina para evitar daño neurológico.

Caso clínico: Lactante peruana con PKU diagnosticada al primer mes de vida. Inició fórmula libre de fenilalanina (70%) y lactancia materna (30%). Fenilalanina descendió de 9.48 a 1.72 mg/dL. Crecimiento ponderal adecuado al final del seguimiento de peso (+0.53 DS), y talla en límite inferior de la normalidad (-1.70 DS).

Discusión: La intervención permitió una reducción progresiva de los niveles de fenilalanina, alcanzando valores seguros (2-6mg/dL). Sin embargo, se evidenció una talla por debajo del promedio, lo que sugiere la importancia de balancear la restricción con una ingesta adecuada de proteína natural.

Conclusiones: El uso combinado de leche materna y fórmulas especializadas puede ser una estrategia segura y eficaz para el manejo nutricional de lactantes con PKU, siempre que exista un monitoreo constante y ajustes individualizados.

PALABRAS CLAVE

Infante, fenilcetonuria, lactancia materna.

ABSTRACT

Introduction: Phenylketonuria (PKU) is an inborn error of metabolism that requires strict dietary control of the amino acid phenylalanine to prevent neurological damage.

Clinical case: Peruvian infant with PKU diagnosed at one month of age. She was started on phenylalanine-free formula (70%) and breastfeeding (30%). Phenylalanine decreased from 9.48 to 1.72 mg/dL. Weight growth was adequate at the end of the follow-up (+0.53 DS), and height was at the lower limit of normal (-1.70 DS).

Discussion: The intervention led to a progressive reduction in phenylalanine levels, reaching safe values (2-6 mg/dL). However, a below-average height was observed, suggesting the importance of balancing the restriction with an adequate intake of natural protein.

Conclusions: The combined use of breast milk and specialized formulas can be a safe and effective strategy for the nutritional management of infants with PKU, provided consistent monitoring and individualized adjustments are made.

KEYWORDS

Infant, phenylketonuria, breastfeeding.

INTRODUCCIÓN

La fenilcetonuria (PKU) es un error congénito del metabolismo causado por mutaciones en el gen que codifica la enzima fenilalanina hidroxilasa (PAH), encargada de convertir la fenilalanina en tirosina. En ausencia o deficiencia funcional de esta enzima, la fenilalanina se acumula en sangre y tejidos,

Correspondencia:

Luis Angel Kong-Lozano
klozanol@ucvvirtual.edu.pe

generando efectos tóxicos sobre el sistema nervioso central si no se controla a tiempo¹. Esta alteración también puede afectar la síntesis de proteínas y neurotransmisores como la dopamina y la serotonina, debido a la menor disponibilidad de tirosina².

A nivel global, la PKU afecta aproximadamente a 1 de cada 15,000 recién nacidos vivos, aunque su frecuencia varía considerablemente entre regiones. En América Latina, las tasas oscilan entre 1 en 10,000 y 1 en 30,000, dependiendo del país. En Chile, por ejemplo, la prevalencia reportada es de aproximadamente 1 por cada 13,300 nacidos, según su programa nacional de pesquisa neonatal, lo que evidencia la necesidad de estrategias diagnósticas y terapéuticas adaptadas a la región³.

En el contexto nutricional, el tratamiento de la PKU exige una restricción estricta de fenilalanina en la dieta. Sin embargo, en lactantes, la leche materna puede ser utilizada de forma controlada y combinada con fórmulas especiales libres o reducidas en fenilalanina, lo que permite un mejor perfil nutricional sin elevar los niveles plasmáticos de este aminoácido. La leche materna contiene aproximadamente 46 mg de fenilalanina por cada 100 mL, mientras que las fórmulas estándar pueden superar los 100 mg por cada 100 mL. Las fórmulas específicas para PKU están diseñadas para proveer aminoácidos esenciales sin incluir fenilalanina, y se combinan con cantidades precisas de leche materna para lograr un balance entre restricción y crecimiento adecuado².

Estudios como el de Kanufre et al.⁴ han evidenciado que la sinergia entre leche materna y fórmula especializada contribuye significativamente al crecimiento en lactantes con PKU, manteniendo niveles seguros de fenilalanina en sangre. En su cohorte, los niños alimentados con esta combinación mostraron una mayor tasa de crecimiento y una mejor estabilidad metabólica que aquellos alimentados solo con fórmula.

Según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), los requerimientos nutricionales de fenilalanina (en combinación con tirosina) para lactantes menores de seis meses se estiman en aproximadamente 52 mg/kg/día, aunque estos deben ajustarse estrictamente en pacientes con PKU clásica, que toleran cantidades mucho menores⁵. La cantidad exacta debe determinarse individualmente mediante monitoreo frecuente de los niveles plasmáticos. La guía europea para el manejo de PKU recomienda mantener los niveles entre 120 y 360 $\mu\text{mol/L}$ (2–6 mg/dL) durante la infancia, para asegurar un desarrollo óptimo sin neurotoxicidad⁶.

Según Hassanpour et al.⁷, los requerimientos nutricionales en lactantes con PKU deben individualizarse según la edad y tolerancia metabólica. En lactantes de 0 a <3 meses, se recomienda una ingesta de fenilalanina de 25 a 70 mg/kg/día y de 20 a 45 mg/kg/día entre los 3 a <6 meses. A nivel proteico, se debe asegurar un consumo total de 3,5 a 3,0 g/kg/día,

considerando tanto la fracción natural (proveniente de la lactancia materna o alimentos) como la no natural (fórmulas libres de fenilalanina). El requerimiento energético promedio es de 120 kcal/kg/día, dentro de un rango de 95 a 145 kcal/kg/día, mientras que las necesidades hídricas se sitúan entre 130 y 160 mL/kg/día.

Este reporte tiene como objetivo detallar la sinergia entre la lactancia materna y el uso de fórmulas infantiles especializadas en el manejo de una paciente lactante con PKU, así como evaluar los niveles sanguíneos de fenilalanina y el crecimiento antropométrico.

CASO CLINICO

Paciente, una niña peruana, nacida sin antecedentes familiares de errores congénitos del metabolismo o enfermedades genéticas. Sus padres, de 36 y 38 años, sin relación de consanguinidad, no presentaban patologías aparentes. Fue producto de una segunda gestación única y nació mediante cesárea programada a las 38 semanas en el Hospital General de Jaén (Perú) debido a presentación podálica. Al momento del nacimiento, obtuvo una calificación APGAR de 8/9. Desde el primer instante, se implementó el contacto piel a piel, y la primera lactancia tuvo lugar dentro de la primera hora de vida, conforme a la normativa de salud neonatal del Perú⁸. Las mediciones antropométricas iniciales fueron: peso de 3.320 kg (-0.1 DS), longitud de 46 cm (-2.1 DS), peso para la longitud de 3DE y perímetro cefálico de 36 cm.

A los cinco días de vida, se realizó la toma de muestra para tamizaje metabólico neonatal con el objetivo de detectar hipotiroidismo congénito, hiperplasia suprarrenal congénita, fibrosis quística y fenilcetonuria. La muestra fue enviada al Instituto Nacional Materno Perinatal en Lima (Perú) para análisis cuantitativo, donde se identificaron valores elevados de fenilalanina en sangre (6.12 mg/dL) (tabla 1). Al tratarse de una prueba de cribado inicial, se programó una evaluación confirmatoria al mes de edad.

El análisis realizado al mes de vida evidenció niveles elevados de fenilalanina en sangre (9.48 mg/dL) y una ganancia inadecuada de talla (-1.7 DS) (tabla 1), lo que permitió establecer el diagnóstico definitivo de fenilcetonuria. Ante este resultado, el pediatra indicó el inicio del tratamiento nutricional con una fórmula para lactantes basada en proteínas parcialmente hidrolizadas de arroz, combinada con lactancia materna en una proporción de 70% y 30%, respectivamente. La estimación de los requerimientos nutricionales diarios incluyó un aporte energético de 383 kcal, una ingesta proteica de 9.6 g y un consumo de fenilalanina de 481.16 mg. Con este régimen, se logró cubrir el 100% de las calorías, aunque el consumo proteico solo alcanzó el 30% del valor recomendado (tabla 2).

En la evaluación correspondiente al segundo mes, se identificó una reducción de 0.7 mg/dL en la concentración

Tabla 1. Evolución antropométrica y niveles de fenilalanina en lactante con PKU

Mes de vida	Peso (kg)	Talla (cm)	Z-score (DS*) Peso-edad	Z-score (DS*) Talla-edad	Fenilalanina (mg/dL)	Valor de referencia (mg/dL)
RN*	3,320	46	-0.1	-2.1	6,12	2-6
1	3,190	49	-1.3	-1.7	9,48	2-6
2	4,725	54,5	-0.2	-0.9	8,78	2-6
3	5,885	57,6	-0.1	-1.2	0,92	2-6
4	6,810	58,9	-0.3	-2.0	1,72	2-6

*RN = recién nacido; DS = desviación estándar curvas de crecimiento de OMS (2006).

Tabla 2. Aporte energético, proteico y de fenilalanina según fuente (lactancia materna y sucedaneo)

Mes	Energía total (kcal/día)	Proteína leche materna (g/día)	Proteína fórmula (g/día)	Phe leche materna (mg/día)	Phe sucedaneo (mg/día)	Phe total (mg/día)
1º mes	383	2.88	6.72	81.31	400.15	481.46
2º mes	567	4.62	10.78	120.38	0.06	120.44
3º mes	706	5.25	12.25	149.89	0.07	149.96

de fenilalanina en sangre, aunque los valores aún permanecían por encima del límite de referencia. No obstante, las mediciones antropométricas mostraron un crecimiento adecuado para la edad, lo que permitió mantener el esquema nutricional. Ante la persistencia de niveles elevados de fenilalanina, se decidió modificar la fórmula utilizada, reemplazándola por una mezcla especializada con aminoácidos libres de fenilalanina (<0.01 mg Phe), conservando la proporción inicial con la lactancia materna. Los nuevos requerimientos nutricionales ajustados fueron: 567 kcal de energía, 15.4 g de proteínas y un rango de fenilalanina entre 120.44 mg. Con esta fórmula, se logró cubrir el 100% de la energía y proteínas necesarias, mientras que el aporte de fenilalanina alcanzó el 89.8% del requerimiento estimado (tabla 2).

En el tercer mes, los valores de fenilalanina en sangre descendieron por debajo del nivel de referencia (tabla 1). Al realizar la anamnesis con los padres, se identificó que la cantidad de leche materna suministrada no correspondía a lo establecido en el régimen nutricional. Se explicó la importancia de garantizar un suministro adecuado de fenilalanina y se procedió a una nueva estimación de los requerimientos nutricionales, los cuales se ajustaron a 706 kcal de energía, 17.5 g de proteínas y 149.66 mg de fenilalanina. La implementación de estas modificaciones permitió cubrir el 100%

de las necesidades con la fórmula especializada y la lactancia materna (tabla 2).

Finalmente, al cuarto mes de edad, los niveles de fenilalanina en sangre se estabilizaron ligeramente por debajo de lo normal. En cuanto al crecimiento, la evolución de la talla se ubicó en el límite inferior (-2.0 DS) (tabla 1), mientras que el peso se mantuvo dentro de la normalidad.

DISCUSIÓN

Históricamente, la lactancia materna en pacientes con PKU fue considerada inapropiada debido a su contenido de fenilalanina. Durante décadas, se recomendó la alimentación exclusiva con fórmulas especializadas libres de fenilalanina para evitar la acumulación de este aminoácido en sangre y sus efectos neurotóxicos. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que su uso controlado, en combinación con fórmulas especiales, puede ser una estrategia segura y eficaz para el manejo de la enfermedad⁹.

El manejo de la PKU en lactantes requiere un control estricto de los niveles de fenilalanina plasmática para evitar complicaciones neurológicas y garantizar un crecimiento adecuado. Como se describe, la paciente presentó un valor de 9,48 mg/dL al mes de vida el cual se encontró dentro del rango observado en lactantes con PKU clásica no tratados,

que suele oscilar entre 6 y 15 mg/dL, según estudios como el de Bélanger-Quintana et al.¹⁰. Este resultado confirmó la necesidad de un ajuste dietético inmediato para evitar la acumulación de fenilalanina y sus efectos adversos.

A partir del segundo mes de tratamiento, tras la introducción de una fórmula libre de fenilalanina, los niveles descendieron progresivamente, alcanzando 0,92 mg/dL en el tercer mes y 1,72 mg/dL en el cuarto (tabla I). Aunque estos valores no representan un riesgo de hiperfenilalaninemia, se encuentran por debajo del rango terapéutico recomendado de 2–6 mg/dL (120–360 μ mol/L), establecido por las guías europeas de la European PKU Guidelines¹¹ y las recomendaciones de Vockley et al.¹². Estudios como el de Weglage et al.¹³ han asociado niveles persistentemente bajos (<2 mg/dL) con una síntesis proteica insuficiente, lo que podría comprometer el desarrollo, incluso en ausencia de signos clínicos de desnutrición.

La relación entre la ingesta de proteína natural y los niveles de fenilalanina ha sido ampliamente estudiada. En una cohorte iraní, Zoghi et al.¹⁴ compararon lactantes con diferentes proporciones de proteína natural en la dieta. Aquellos que recibieron menos del 30% de su ingesta proteica total a través de lactancia materna presentaron niveles promedio de 3,76 mg/dL, significativamente más bajos que los 4,89 mg/dL observados en lactantes con mayor aporte de leche materna. En nuestra paciente, el aporte de 30% de proteína natural a través de lactancia materna parece haber influido en la reducción de los niveles de fenilalanina, lo que sugiere una relación directa entre la ingesta natural y la concentración plasmática de este aminoácido.

Desde la perspectiva del crecimiento, la paciente mostró una ganancia ponderal adecuada (DS entre +0,00 y +0,53), pero una talla persistentemente baja (-1,26 a -1,70 DS) (tabla I). Este patrón ha sido descrito en estudios como los de Pinto et al.¹⁵ y Bélanger-Quintana et al.¹⁰, quienes reportaron que, en pacientes con PKU, el peso suele mantenerse dentro del rango normal, mientras que la talla tiende a retrasarse, con una diferencia media de -0,8 DS hacia la segunda infancia. La evidencia sugiere que un control estricto de la fenilalanina sin una adecuada ingesta de proteína natural podría contribuir a esta discrepancia en el crecimiento, retardándolo.

Las cohortes que consiguieron mantener niveles de fenilalanina entre 4 y 6 mg/dL durante el primer trimestre mostraron una evolución del crecimiento en tendencia ascendente, con una mejor progresión lineal y una menor incidencia de desnutrición. Este patrón sugiere que un control adecuado de la fenilalanina, dentro del rango terapéutico recomendado, favorece el desarrollo óptimo sin comprometer la síntesis proteica ni el metabolismo energético. Por ello, resulta esencial ajustar el régimen alimentario para alcanzar un equilibrio preciso entre la restricción de fenilalanina y el

aporte de proteína natural, garantizando así una adecuada composición corporal y un crecimiento lineal estable en pacientes con PKU.

CONCLUSIÓN

El abordaje nutricional en lactantes con trastornos del metabolismo del aminoácido fenilalanina demuestra que la integración controlada de leche materna con fórmulas especializadas (sucedáneos) permite mantener niveles seguros de este aminoácido y un desarrollo físico adecuado. La evaluación continua y el ajuste individualizado del tratamiento nutricional son fundamentales para optimizar el crecimiento y prevenir secuelas neurológicas durante la infancia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Blau N., van Sproson F.J., Levy H.L. Phenylketonuria. *Lancet*. 2010;376(9750):1417-1427.
2. Poloni S, Dos Santos BB, Chiesa A, Specola N, Pereyra M, Saborío-Rocafor M, et al. Current Practices and Challenges in the Diagnosis and Management of PKU in Latin America: A Multicenter Survey. *Nutrients*. 2021 Jul 27;13(8):2566. Doi: 10.3390/nu13082566. PMID: 34444728; PMCID: PMC8399454.
3. Contreras P, Pérez G, Andrade S, Pardo RA. Resultados del Programa Nacional de Pesquisa Neonatal en Chile. *Rev Chil Pediatr*. 2015;86(2):117-23.
4. Kanufre VC, Starling AL, Reis AB, Lemos MC, Soares DA. Impact of breastfeeding on the metabolic control of phenylketonuria patients. *J Pediatr (Rio J)*. 2010;86(1):65-9.
5. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on Nutrient Requirements and Dietary Intakes of Infants and Young Children in the European Union. *EFSA J*. 2013;11(10):3408.
6. Van Spronsen FJ, van Wegberg AMJ, Ahring K, Bélanger-Quintana A, Blau N, Bosch AM, et al. Key European guidelines on phenylketonuria: Diagnosis and treatment. *J Inher Metab Dis*. 2017;40(1):10-9.
7. Hassanpour S, Khosravi-Darani K, Ramezan Y, Hashempour F. Evaluation of producing low phenylalanine milk by formulation procedure for phenylketonuria patients [Internet]. Disponible en: https://nanobioletters.com/wp-content/uploads/2022/12/LIANBS124.142.pdf?utm_source=chatgpt.com
8. Ministerio de Salud. Norma Técnica de Salud N° 214-MINSA/DGIESP-2024: Atención integral de Salud neonatal. Lima: Ministerio de Salud;2024.
9. Van Rijn M, MacDonald A, Feillet F, Youngs D, Bélanger-Quintana A. Breast feeding in infants diagnosed with phenylketonuria (PKU). *BMJ Paediatr Open*. 2023;7(1):e002066.pmc.ncbi.nlm.nih.gov+15pmc.ncbi.nlm.nih.gov+15pmc.ncbi.nlm.nih.gov+15
10. Bélanger-Quintana A, Dokoupil K, Gökmen-Özel H, MacDonald A, Rocha JC, van Rijn M, et al. Diet and amino acid supplementation for phenylketonuria patients: 2020 practices in Europe. *Mol Genet Metab Rep*. 2020;25:100693.

11. European Society for Phenylketonuria and Allied Disorders–Europe (ESPKU). Key European guidelines for the diagnosis and management of phenylketonuria. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017;5(9):743–56.
12. Vockley J, Andersson HC, Antshel KM, Braverman NE, Burton BK, Frazier DM, Mitchell JJ, et al. Phenylalanine hydroxylase deficiency: diagnosis and management guideline. *Genet Med.* 2014 Feb;16(2):188–200. doi:10.1038/gim.2013.157.
13. Weglage J, Wiedermann D, Denecke J, Feldmann R, Koch HG, Ullrich K, Harms E, Möller HE. Individual blood-brain barrier phenylalanine transport determines clinical outcome in phenylketonuria. *Ann Neurol.* 2001 Oct;50(4):463-7. doi: 10.1002/ana.1226. PMID: 11601498.
14. Zoghi S, Karamizadeh Z, Amirhakimi A, Gharavi M. Comparison of phenylalanine levels and growth parameters in phenylketonuria patients under different feeding regimens. *Iran J Pediatr.* 2013; 23(5):543–8.
15. Pinto A, Gökmen-Özel H, Rocha JC, Van Dam E, Ahring K, Bélanger-Quintana A, et al. Long-term growth in phenylketonuria: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients.* 2019; 11(9):2070.

Uso de redes sociales y riesgo de trastornos de conducta alimentaria en adolescentes mujeres de un colegio en Lima, Perú

Social media use and risk of eating disorders in adolescent girls from a school in Lima, Peru

Rosa Maria HUAPAYA GUILLÉN¹, Julia Tatiana MENDOZA ROMERO¹, Ximena Fernanda CARRASCO FLORES¹, Jamee GUERRA VALENCIA², Antonio CASTILLO-PAREDES³, Jose Jairo NARREA VARGAS¹

¹ Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Científica del Sur. Perú.

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Privada del Norte. Perú.

³ Grupo AFySE, Investigación en Actividad Física y Salud Escolar, Escuela de Pedagogía en Educación Física, Facultad de Educación, Universidad de Las Américas. Chile.

Recibido: 14/agosto/2025. Aceptado: 4/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El uso de redes sociales ha transformado significativamente el estilo de vida de los adolescentes, generando preocupación por su impacto en la salud y en los hábitos alimentarios, debido a su posible relación con los trastornos de conducta alimentaria.

Objetivo: Evaluar la asociación entre el uso de redes sociales (URS) y el riesgo de trastornos de conducta alimentaria (TCA) en adolescentes mujeres de un colegio de Lima, Perú.

Metodología: Estudio observacional, analítico y transversal realizado en 269 estudiantes de secundaria. Se emplearon el cuestionario de adicción a redes sociales (ARS) para la dimensión "Uso de redes sociales", con una puntuación de 8-40 puntos, y el Test de Actitudes Alimentarias (EAT-26) para evaluar el riesgo de TCA, clasificando como "en riesgo" a aquellas participantes con ≥ 20 puntos. El análisis incluyó estadística descriptiva, pruebas t de Student, Chi-cuadrado de Pearson y modelos de regresión de Poisson con varianza robusta, ajustando por edad e IMC/edad categorizado.

Resultados: La media de edad fue $14,9 \pm 0,73$ años y la prevalencia de riesgo de TCA fue 35,7%. Las adolescentes

con riesgo de TCA presentaron puntajes significativamente mayores en URS ($21,24 \pm 6,77$) comparado con aquellas sin riesgo ($19,36 \pm 5,94$; $p = 0,019$). El análisis de regresión indicó que, por cada punto adicional en URS, la prevalencia de riesgo de TCA aumentó en 3% (RP ajustada: 1,03; IC 95%: 1,005–1,054).

Conclusiones: Un mayor uso de redes sociales se asoció con un mayor riesgo de TCA en adolescentes mujeres, independiente de la edad y del IMC/edad. Estos hallazgos resaltan la importancia de estrategias educativas que promuevan un consumo crítico de redes sociales y la prevención de TCA en población adolescente.

PALABRAS CLAVE

Adicción a redes sociales, trastornos alimentarios, riesgo psicosocial, salud escolar.

ABSTRACT

Background: Social media use has significantly transformed adolescents' lifestyles, raising concerns about its impact on health and eating behaviors due to its potential association with eating disorders.

Objective: To evaluate the association between social media use (SMU) and the risk of eating disorders (ED) in female adolescents from a school in Lima, Peru.

Methods: An observational, analytical, and cross-sectional study was conducted in 269 high school students. The

Correspondencia:

Jose Jairo Narrea Vargas
jnarrea@cientifica.edu.pe

Social Media Addiction Questionnaire (ARS) was used to assess the "social media use" dimension, with a scoring range of 8–40 points, while the Eating Attitudes Test (EAT-26) was applied to evaluate the risk of eating disorders, classifying participants with ≥ 20 points as "at risk". The analysis included descriptive statistics, Student's t-test, Pearson's Chi-square test, and Poisson regression models with robust variance, adjusted for age and BMI-for-age categories.

Results: The mean age was $14,9 \pm 0,73$ years, and the prevalence of ED risk was 35,7%. Adolescents at risk of ED had significantly higher SMU scores ($21,24 \pm 6,77$) compared to those not at risk ($19,36 \pm 5,94$; $p = 0,019$). Regression analysis showed that each additional point in SMU was associated with a 3% higher prevalence of ED risk (adjusted PR: 1,03; 95% CI: 1,005–1,054).

Conclusions: Higher social media use was associated with an increased risk of ED in adolescent girls, independent of age and BMI-for-age. These findings underscore the need for educational strategies promoting critical social media consumption and ED prevention among adolescents.

KEYWORDS

Social media addiction, eating disorders, psychosocial risk, school health.

INTRODUCCIÓN

En la última década, el uso de redes sociales (URS) ha aumentado considerablemente, convirtiéndose en parte integral de la vida cotidiana de millones de personas, especialmente adolescentes. Plataformas como Instagram, TikTok y Facebook facilitan la interacción y el acceso a un gran flujo de información, incluyendo contenido sobre salud, nutrición y estándares de belleza¹. Sin embargo, estudios sugieren que esta exposición, a menudo sin regulación, puede influir negativamente en la imagen corporal y la conducta alimentaria, particularmente en adolescentes, quienes constituyen una población vulnerable, subrayando la relación entre el contenido digital y la salud mental y evidenciando que la exposición prolongada a estos medios puede afectar significativamente la percepción corporal y los hábitos alimentarios^{2,3}.

Según la Encuesta Nacional de Hogares del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI, 2013), el 61,2% de los jóvenes entre 12 y 17 años son usuarios de internet, población que se encuentra en un rango de edad caracterizado por cambios conductuales y emocionales importantes⁴.

El uso excesivo y no regulado de redes sociales puede derivar en diversas consecuencias negativas, especialmente cuando el contenido consumido carece de respaldo científico. Entre las principales afectaciones se encuentra la baja autoestima, asociada al constante consumo de imágenes y mensajes que promueven estándares irreales de perfección física,

generando distorsión en la percepción de la propia imagen, comparaciones sociales negativas y descontento generalizado con el cuerpo^{5,6}.

Asimismo, estas plataformas pueden inducir prácticas alimentarias poco saludables, como dietas restrictivas sin supervisión profesional o la adopción de tendencias alimentarias perjudiciales^{7,8}. Estas conductas pueden desembocar en trastornos de conducta alimentaria (TCA), como anorexia nerviosa, bulimia y ortorexia, que representan un riesgo significativo para la salud física y mental de los adolescentes^{9,10}.

Los TCA son patologías caracterizadas por patrones de alimentación desordenados, incluyendo restricciones severas, atracones y comportamientos compensatorios. Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-5), comprenden condiciones como anorexia nerviosa, bulimia nerviosa y trastorno por atracón, definidas por alteraciones persistentes en el comportamiento alimentario y preocupación excesiva por el peso y la forma corporal¹¹. Esta definición es respaldada por diversos autores, quienes destacan que los TCA impactan profundamente la salud psicológica y física^{3,10,12}.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo determinar la relación entre el uso de redes sociales y la presencia de TCA en adolescentes mujeres de 14 a 17 años de un colegio ubicado en Lima, Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y participantes

Estudio observacional, analítico y transversal¹³. La población de estudio estuvo compuesta por 269 estudiantes adolescentes mujeres con edad entre 14 y 17 años, quienes cursaron los años de estudios secundarios de tercero, cuarto y quinto en el colegio "I.E. 6085 Brígida Silva de Ochoa" del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima en Perú. El muestreo fue de tipo censal, por lo que se incluyó a la totalidad de la población accesible que cumplía los criterios de inclusión: Estudiantes mujeres inscritas en el centro educativo y que cursaron los años correspondiente durante el segundo periodo semestral del 2024, estudiantes que usaron redes sociales (se verificó mediante autorreporte en un cuestionario inicial), estudiantes que firmaron el asentimiento informado y cuyos padres firmaron el consentimiento informado. Se consideró el uso de cualquier plataforma de redes sociales (Facebook, Instagram, TikTok, WhatsApp, entre otras), sin restricción a alguna en particular.

Se excluyeron estudiantes con diagnóstico clínico confirmado de trastornos psiquiátricos distintos a los TCA, enfermedades cardio-metabólicas (p. ej., diabetes, enfermedad renal u otras), o con discapacidad física, visual o mental que pudiera interferir con la aplicación de los cuestionarios. La finalidad fue garantizar la validez de las mediciones.

Instrumentos y procedimientos

Se aplicaron dos instrumentos validados:

- 1) El cuestionario de adicción a redes sociales (ARS), elaborado y validado por Escurra y Salas (2014) en población peruana. Para este estudio se utilizó únicamente la dimensión Uso de redes sociales, compuesta por 8 ítems con formato de respuesta tipo Likert. En su validación original, esta dimensión mostró adecuada confiabilidad interna ($\alpha = 0,84$) ¹⁴.
- 2) El Test de Actitudes Alimentarias (EAT-26), para la evaluación del riesgo de TCA, el cual cuenta con un 88,9% de sensibilidad y 97,7% de especificidad. Se utilizó la versión adaptada al idioma español validada por Rivas et al. y se consideró riesgo de TCA a una puntuación igual o mayor a 20 puntos¹⁵.

El proceso de recolección de datos se llevó a cabo entre los meses de octubre y noviembre de 2024. Los investigadores responsables de la aplicación de los cuestionarios fueron previamente instruidos y estandarizados por un profesional de psicología especialista en el área. La aplicación estuvo a cargo de los investigadores RA, JM y XC, y se realizó en el horario regular de clases dentro del mismo centro educativo. La evaluación fue presencial y ambos instrumentos se aplicaron el mismo día a cada estudiante, con una duración aproximada de 15 a 20 minutos.

Además de los cuestionarios mencionados, se recopilaron variables sociodemográficas y antropométricas (edad, grado escolar, peso y talla), para la evaluación antropométrica los investigadores a cargo fueron previamente instruidos y estandarizados por un especialista en antropometría. Para la medición del peso, se solicitó que los estudiantes estuvieran sin calzado y con la mínima vestimenta posible, utilizando una balanza digital marca Omron, modelo HBF-514C, con una precisión de $\pm 1\%$ y calibración automática. La talla se midió con un estadiómetro certificado por el Centro Nacional de Alimen-

tación, Nutrición y Vida Saludable (CENAN, Perú), con una precisión de 0,1 cm.

Antes del análisis estadístico, se realizó un proceso de validación y limpieza de la base de datos, que incluyó la detección y corrección de valores atípicos o inconsistentes. Esta tarea estuvo a cargo de la investigadora RA. Los datos finales fueron registrados y almacenados en una base de datos en Microsoft Excel.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico STATA versión 17.0. El análisis descriptivo se realizó mediante el uso de frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas. Las variables numéricas se presentaron con media y desviación estándar (D.E). Para el análisis bivariado, se consideró el URS como variable independiente principal y el riesgo de TCA como variable dependiente. La comparación de medias del puntaje de URS entre los grupos con y sin riesgo de TCA se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Para evaluar la asociación entre variables categóricas (como el IMC/edad categorizado) y el riesgo de TCA, se empleó la prueba Chi-cuadrado de Pearson. Se utilizó los comandos "zanthro" y "zbmicat" para obtener el puntaje Z del IMC para la edad (IMC/edad) y la categorización de este según los patrones de crecimiento de la Organización Mundial de la Salud¹⁶. Se usó regresión de Poisson con varianza robusta para estimar razones de prevalencia ajustadas (RPa) con IC 95%. Para todos los análisis se consideró como significativo un $p < 0,05$.

Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (código: 720-CIEI-CIENTIFICA-2024), en concordancia con la Declaración de Helsinki. Tras la autorización institucional del colegio, se gestionó el consentimiento informado de los padres y el asentimiento de las estudiantes.

Tabla 1. Puntuación y puntos de corte de los cuestionarios utilizados

Instrumento	Dimensiones consideradas	Nº de ítems	Escala de respuesta	Rango de puntuación	Punto de corte para clasificación
Cuestionario de Adicción a Redes Sociales (ARS)	Uso de redes sociales	8	Likert de 5 opciones (Nunca = 1, Rara vez = 2, Algunas veces = 3, Casi siempre = 4, Siempre = 5)	8 - 40	Valores más altos indican mayor uso; no se establecen puntos de corte clínicos, se analiza como variable continua
Test de Actitudes Alimentarias (EAT-26)	Actitudes y conductas alimentarias	26	Likert de 6 opciones (Nunca/ rara vez/ a veces = 0, Frecuentemente = 1, Casi siempre = 2, Siempre = 3)*	0 - 78	≥ 20 puntos = riesgo de TCA

* Ítem 25 puntuado de forma inversa.

RESULTADOS

Se analizó a un total de 269 adolescentes, con un promedio de edad cercano a 15 años. En la tabla 2 se observa que más de la mitad de adolescentes presentaron exceso de peso (55,39%) y más de un tercio, riesgo de TCA (35,69%).

Tabla 2. Características sociodemográficas, antropométricas, y uso de redes sociales en adolescentes mujeres (n = 269)

Características	n (%)
Edad (años)	
[Media; D.E]	[14,9; 0,73]
Peso (kg)	
[Media; D.E]	[56,03; 3,47]
Talla (m)	
[Media; D.E]	[1,53; 0,04]
IMC (kg/m ²)	
[Media; D.E]	[24,15; 2,17]
Puntaje Z de IMC/edad	
[Media; D.E]	[1,14; 0,55]
IMC/edad categorizado	
Normal	120 (44,61)
Exceso de peso	149 (55,39)
Riesgo de TCA	
Sin riesgo	173 (64,31)
Con riesgo	96 (35,69)
Puntaje de uso de redes sociales	
[Media; D.E]	[20,03; 6,30]

En la Tabla 3 se observa que las estudiantes con riesgo de TCA presentaron un puntaje significativamente mayor en uso de redes sociales ($p = 0,019$). Asimismo, el IMC/edad categorizado se asoció de manera significativa con el riesgo de TCA ($p = 0,036$), mientras que no se encontró una diferencia significativa para el puntaje Z de IMC/edad ($p = 0,077$).

El análisis de regresión reveló que el uso de redes sociales se asoció a una mayor prevalencia de presentar riesgo de TCA. En el modelo crudo, se observó que, por cada punto de

cambio en la escala de uso de redes sociales, la prevalencia del riesgo de TCA fue un 3% mayor (RP: 1,03; IC 95%: 1,006; 1,054). Tras ajustar por la edad y el IMC/edad categorizado, esta asociación se mantuvo (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Este estudio identificó una asociación significativa entre el uso de redes sociales (URS) y el riesgo de trastornos de conducta alimentaria (TCA) en adolescentes mujeres de 14 a 17 años. Asimismo, se observó que el IMC/edad categorizado y el puntaje de URS difieren significativamente entre quienes presentan y no presentan riesgo de TCA.

La prevalencia de riesgo de TCA (35,6 %) encontrada es superior a la reportada por Torres et al.¹⁷ en estudiantes universitarios de Lima (10,1 %), y menor que la descrita por Wilksch et al.¹⁰ en niñas (51,7 %). Estos últimos hallaron que el uso de un mayor número de aplicaciones de redes sociales se asociaba con puntuaciones más altas en escalas de TCA, coincidiendo con lo reportado por Ojeda et al.¹⁸, quienes encontraron una relación positiva entre la frecuencia de URS y el riesgo de TCA.

Nuestros hallazgos están en consonancia con estudios recientes en otros contextos. Por ejemplo, un estudio en Noruega reportó que el 80 % de las adolescentes perciben un impacto negativo de las redes sociales sobre su imagen corporal, asociándose con síntomas compatibles con TCA¹⁹. Asimismo, una revisión que incluyó 50 estudios en 17 países concluyó que el URS constituye un factor de riesgo plausible para desarrollar TCA, mediado por procesos como comparación social, internalización de ideales y auto-objetivación²⁰.

La influencia del URS sobre los TCA podría explicarse por la exposición constante a estándares de belleza poco realistas, que promueven comparaciones sociales desfavorables y un descontento corporal persistente²¹. Además, investigaciones previas han mostrado que el URS se asocia con la adopción de dietas restrictivas sin supervisión profesional, incremento en la insatisfacción corporal y prácticas alimentarias perjudiciales, como el ayuno prolongado o el uso de suplementos para perder peso^{22,23}.

Implicancias prácticas

Los resultados subrayan la necesidad de implementar estrategias educativas en el ámbito escolar que promuevan el consumo crítico de redes sociales y el desarrollo de habilidades para identificar y cuestionar contenidos perjudiciales. Programas como *Media Smart for Schools* o *Dove Confident Me*, que han demostrado reducir la internalización de ideales corporales y mejorar la autoestima en adolescentes, podrían adaptarse al contexto peruano para su implementación. La literatura también señala que la participación activa de padres, docentes y profesionales de la salud es clave para vigilar y

Tabla 3. Comparación de variables sociodemográficas, antropométricas y uso de redes sociales según riesgo de TCA en adolescentes mujeres

Características	Riesgo de TCA		Valor de p*
	Sin riesgo	Con riesgo	
	n (%)	n (%)	
Edad (años)			0,186
[Media; D.E]	[14,86; 0,69]	[14,98; 0,81]	
Peso (kg)			0,189
[Media; D.E]	[56,24; 3,48]	[55,66; 3,44]	
Talla (m)			0,261
[Media; D.E]	[1,52; 0,04]	[1,53; 0,04]	
IMC (kg/m ²)			0,106
[Media; D.E]	[24,31; 2,21]	[23,86; 2,09]	
Puntaje Z de IMC/edad			0,077
[Media; D.E]	[1,18; 0,55]	[1,06; 0,55]	
IMC/edad categorizado			0,036**
Normal	69 (57,50)	51 (42,50)	
Exceso de peso	104 (69,80)	45 (30,20)	
Puntaje de uso de redes sociales			0,019
[Media; D.E]	[19,36; 5,94]	[21,24; 6,77]	

* Analizado con la prueba t student. ** Analizado con la prueba Chi-cuadrado.

Tabla 4. Modelos de regresión de Poisson (crudo y ajustado) para la asociación entre uso de redes sociales y riesgo de TCA en adolescentes mujeres

	Modelo crudo			Modelo ajustado*		
	RP	IC 95%	Valor de p	RP	IC 95%	Valor de p
Uso de redes sociales (puntaje)	1,030	(1,006; 1,054)	0,014	1,030	(1,005; 1,054)	0,016

* Ajustado por edad e IMC/edad categorizado.

orientar el uso de redes sociales, así como para la detección temprana de signos de TCA^{24,25}.

Limitaciones

Este estudio presenta algunas limitaciones importantes. Primero, su diseño transversal impide establecer relaciones

causales: no puede precisarse si el URS es causa o consecuencia del riesgo de TCA. La muestra, limitada a una única institución en Lima, restringe la capacidad de generalización a otros contextos socioculturales. Además, no se incorporaron variables como autoestima, ansiedad, apoyo familiar o nivel socioeconómico, los cuales han demostrado ser moderadores clave en la relación entre URS y TCA en otras investigaciones⁵.

Por último, la medición del URS se realizó exclusivamente mediante la dimensión "Uso de redes sociales" (8 ítems) del cuestionario ARS, decisión metodológica tomada por su pertinencia respecto al objetivo principal del estudio. Si bien esta elección permitió cuantificar el uso de redes sociales, limitó el análisis respecto a tipos de plataformas o contenidos específicos. Cabe destacar que, aunque el cuestionario ARS ha sido validado en población peruana, la validez de la dimensión de uso de redes sociales aplicada de manera aislada requiere ser establecida

Futuras líneas de investigación

Se recomienda realizar estudios longitudinales que permitan clarificar la dirección temporal y dinámica de la relación entre URS y TCA. Incluir variables psicológicas, familiares y contextuales mejorará la comprensión de factores de riesgo y protección. También sería valioso evaluar la efectividad de intervenciones educativas adaptadas al contexto local, así como realizar análisis de contenido de las redes sociales más utilizadas por adolescentes peruanas, para identificar patrones de exposición potencialmente nociva.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que un mayor puntaje en el uso de redes sociales (URS) se asoció con un mayor riesgo de presentar trastornos de la conducta alimentaria (TCA) en adolescentes mujeres de 14 a 17 años de un colegio de Lima, Perú, independientemente de la edad. Tras el ajuste por el IMC/Edad categorizado, la asociación se mantuvo. En términos de magnitud, por cada punto adicional en la URS, la razón de prevalencia (RP) aumentó aproximadamente en 1,03. Asimismo, las adolescentes con riesgo de TCA presentaron puntajes promedio más altos en el URS en comparación con aquellas sin riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio-Martínez P, Perea-Moreno AJ, Martínez-Jiménez MP, Redel-Macias MD, Pagliari C, Vaquero-Abellán M. Social media, thin-ideal, body dissatisfaction and disordered eating attitudes: An exploratory analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2019; 16(21):4177. doi:10.3390/ijerph16214177
2. Praet N, Stevens J, Casteels K, Toelen J. The association of social media use and eating behaviour of Belgian adolescent girls diagnosed with anorexia nervosa: a qualitative approach. *Children (Basel)*. 2024;11(7):822. doi:10.3390/children11070822
3. Lozano-Muñoz N, Borrallío-Riego Á, Guerra-Martín MD. Impact of social network use on anorexia and bulimia in female adolescents: a systematic review. *An Sist Sanit Navar*. 2022;45(2). doi:10.23938/ASSN.1009
4. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). El 48% de la población adolescente de 12 a 17 años usuaria de internet son mujeres [Internet]. Gob.pe. [citado 10 jun 2023]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-48-de-la-poblacion-adolescente-de-12-a-17-anos-usuaria-de-internet-son-mujeres-7527/>
5. Holland G, Tiggemann M. A systematic review of the impact of the use of social networking sites on body image and disordered eating outcomes. *Body Image*. 2016;17:100–10. doi:10.1016/j.bodyim.2016.02.008
6. Turner PG, Lefevre CE. Instagram use is linked to increased symptoms of orthorexia nervosa. *Eat Weight Disord*. 2017; 22(2):277–84. doi:10.1007/s40519-017-0364-2
7. García B. Trastornos de la conducta alimentaria y redes sociales: una perspectiva desde la adolescencia. *Rev Esp Salud Pública*. 2023;97:e202309123. doi:10.23938/ASSN.1075
8. Bajiña Marín S, García AM. Uso de redes sociales y factores de riesgo para el desarrollo de trastornos relacionados con la alimentación en España: una revisión sistemática. *Aten Primaria*. 2023;55(3):102141. doi:10.1016/j.aprim.2023.102708
9. Tiggemann M, Hayden S, Brown Z, Veldhuis J. The effect of Instagram "likes" on women's social comparison and body dissatisfaction. *Body Image*. 2018;26:90–7. doi:10.1016/j.bodyim.2018.07.002
10. Wilksch SM, O'Shea A, Ho P, Byrne S, Wade TD. La relación entre el uso de las redes sociales y los trastornos alimentarios en jóvenes adolescentes. *Int J Eat Disord*. 2020;53(1):96–106. doi:10.1002/eat.23198
11. Suhag K, Rauniyar S. Social media effects regarding eating disorders and body image in young adolescents. *Cureus*. 2024;16(4):e58674. doi:10.7759/cureus.58674
12. Vázquez Arévalo R, Aguilar XL, Ocampo Tellez-Girón MT, Mancilla-Díaz JM. Eating disorders diagnostic: from the DSM-IV to DSM-5. *Rev Mex Trastor Aliment*. 2015;6(2):108–20. doi:10.1016/j.rmta.2015.10.003
13. Argimón JM, Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 3ª ed. Barcelona: Elsevier; 2013.
14. Ecurra Mayaute M, Salas Blas E. Construcción y validación del cuestionario de adicción a redes sociales (ARS). *Liberabit*. 2014; 20(1):73–91.
15. Rivas T, Bersabé R, Jiménez M, Berrocal C. The Eating Attitudes Test (EAT-26): reliability and validity in Spanish female samples. *Span J Psychol*. 2010;13(2):1044–56. doi:10.1017/s1138741600002687
16. World Health Organization. Growth reference data for 5 to 19 years: BMI-for-age indicators [Internet]. Available from: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>
17. Torres CP, Kenny I, Espinoza T, Salazar Pérez C, Viteri-Condori L, Aguilar JC, Rondan TA. Trastornos de la conducta alimentaria en estudiantes de medicina de una universidad de Perú. *Rev Cubana Salud Pública*. 2017;43(4):552–63.
18. Ojeda-Martín A, López-Morales MP, Jáuregui-Lobera I, Herrero-Martín G. Uso de redes sociales y riesgo de padecer TCA en jóvenes. *JONNPR*. 2021;6(10):1289–1307. doi:10.19230/jonnpr.4322

19. Dahlgren CL, Sundgot-Borgen C, Kvaem IL, Wenersberg AL, Wisting L. Further evidence of the association between social media use, eating disorder pathology and appearance ideals and pressure: a cross-sectional study in Norwegian adolescents. *J Eat Disord.* 2024;12(1):34. doi:10.1186/s40337-024-00992-3
20. Dane A, Bhatia K. The social media diet: a scoping review to investigate the association between social media, body image and eating disorders amongst young people. *PLOS Glob Public Health.* 2023;3(3):e0001091. doi:10.1371/journal.pgph.0001091
21. Saul JS, Rodgers RF. Adolescent eating disorder risk and the online world. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am.* 2018;27(2):221–28. doi:10.1016/j.chc.2017.11.011
22. Saunders JF, Eaton AA. Snaps, selfies, and shares: how three popular social media platforms contribute to the sociocultural model of disordered eating among young women. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2018;21(6):343–54. doi:10.1089/cyber.2017.0713
23. Saffran K, Fitzsimmons-Craft EE, Kass AE, Wilfley DE, Taylor CB, Trockel M. Facebook usage among those who have received treatment for an eating disorder in a group setting. *Int J Eat Disord.* 2016;49(8):764–77. doi:10.1002/eat.22567
24. Logrieco G, Marchili MR, Roversi M, Villani A. The paradox of TikTok anti-pro-anorexia videos: how social media can promote non-suicidal self-injury and anorexia. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(3):1041. doi:10.3390/ijerph18031041
25. Yan H, Fitzsimmons-Craft EE, Goodman M, Krauss M, Das S, Cavazos-Rehg P. Automatic detection of eating disorder-related social media posts that could benefit from a mental health intervention. *Int J Eat Disord.* 2019;52(10):1150–6. doi:10.1002/eat.23148

Efecto neuroprotector del cocimiento de hojuelas de *Chenopodium quinoa* (quinua) variedad negra en ratones sometidos a daño por etanol

Neuroprotective effect of cooking black *Chenopodium quinoa* (quinoa) flakes in mice subjected to ethanol damage

Lizeth Alicia PALOMINO SIERRA DE CALLE¹, Frank Brandon SAMANIEGO TIAHUALLPA¹, Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ²

¹ Escuela Profesional de Nutrición - Facultad de Medicina - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

² Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición – Facultad de Medicina - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 6/julio/2025. Aceptado: 4/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: el incremento de la población adulto mayor a significado la aparición de enfermedades neurodegenerativas, los cuales están ligados a los hábitos y costumbres, entre ellos el de alimentación. Hoy en día se conoce que el consumo de alimentos fuente de fitonutrientes (antioxidantes) está asociado a una mejor conservación del tejido nervioso.

Objetivo: determinar el efecto neuroprotector de un cocimiento de hojuelas de quinua negra (*Chenopodium quinoa*) contra el estrés oxidativo y la neurodegeneración inducidos por etanol en un modelo murino.

Métodos: Se aleatorizaron treinta ratones macho *Mus musculus* en cinco grupos (n=6) recibiendo los siguientes tratamientos por 14 días: grupo I medio coloidal + suero fisiológico; grupo II medio coloidal + etanol 1,8 g/kg vía intraperitoneal; grupo III vitamina E + etanol 1,8 g/kg vía intraperitoneal; grupos IV y V suspensión de hojuelas de quinua negra 5 mL/kg y 15 mL/kg, respectivamente + etanol 1,8 g/kg vía intraperitoneal. Se analizó el tejido cerebral para determinar la lipoperoxidación (TBARS), los niveles de glutatión (GSH) y los cambios histopatológicos.

Resultados: El cocimiento de quinua redujo significativamente la lipoperoxidación inducida por etanol, siendo la dosis baja más efectiva (42,05% de inhibición, $p<0,05$) que la dosis alta (26,15% de inhibición, $p>0,05$). Sin embargo, el tratamiento con quinua no restauró los niveles de GSH, que se encontraron significativamente disminuido en el grupo con etanol. El análisis histológico reveló que el cocimiento, especialmente en la dosis alta, atenuó el daño neuronal inducido por etanol, incluyendo el edema y las alteraciones morfológicas en células corticales y cerebelosas.

Conclusión: El cocimiento de quinua negra demuestra una notable actividad neuroprotectora contra la toxicidad inducida por etanol, mitigando la lipoperoxidación y el daño neuronal estructural.

PALABRAS CLAVE

Chenopodium quinoa, Neuroprotección, Etanol, Estrés Oxidativo, Lipoperoxidación.

ABSTRACT

Introduction: The increase in the older adult population has meant the appearance of neurodegenerative diseases, which are linked to habits and customs, including diet. Today it is known that the consumption of foods that are a source of phytonutrients (antioxidants) is associated with better conservation of nervous tissue.

Correspondencia:
Lizeth A. Palomino Sierra de Calle
nut.lizethpl@gmail.com

Objective: To determine the neuroprotective effect of a decoction of black quinoa (*Chenopodium quinoa*) flakes against oxidative stress and neurodegeneration induced by ethanol in a murine model.

Methods: Thirty male *Mus musculus* mice were randomized into five groups (n=6) receiving the following treatments for 14 days: group I colloidal medium + physiological saline; group II colloidal medium + ethanol 1.8 g/kg intraperitoneally; group III vitamin E + ethanol 1.8 g/kg intraperitoneally; groups IV and V suspension of black quinoa flakes 5 mL/kg and 15 mL/kg, respectively + ethanol 1.8 g/kg intraperitoneally. Brain tissue was analyzed to determine lipoperoxidation (TBARS), glutathione (GSH) levels, and histopathological changes.

Results: The quinoa decoction significantly reduced ethanol-induced lipoperoxidation, with the low dose being more effective (42.05% inhibition, $p < 0.05$) than the high dose (26.15% inhibition, $p > 0.05$). However, quinoa treatment did not restore GSH levels, which were found to be significantly decreased in the ethanol group. Histological analysis revealed that the decoction, especially at the high dose, attenuated ethanol-induced neuronal damage, including edema and morphological alterations in cortical and cerebellar cells.

Conclusion: The black quinoa decoction demonstrates notable neuroprotective activity against ethanol-induced toxicity, mitigating lipoperoxidation and structural neuronal damage.

KEYWORDS

Chenopodium quinoa, Neuroprotection, Ethanol, Oxidative Stress, Lipoperoxidation.

INTRODUCCIÓN

La neurotoxicidad inducida por el consumo de etanol constituye un factor significativo en el desarrollo de daño neurológico, contribuyendo a la carga global de enfermedades neurodegenerativas^{1,2}. El cerebro, debido a su elevada tasa metabólica, su composición rica en lípidos poliinsaturados y su limitada capacidad regenerativa, es excepcionalmente vulnerable al daño oxidativo, este fenómeno patológico es un denominador común en una amplia gama de trastornos neurológicos, desde el daño agudo por tóxicos hasta enfermedades crónicas como el Alzheimer y el Parkinson³⁻⁶.

El mecanismo central de la neurotoxicidad del etanol implica la generación de un estado de estrés oxidativo⁷⁻⁹. El metabolismo del etanol produce un exceso de especies reactivas de oxígeno (ERO), que superan las defensas antioxidantes endógenas del cerebro, esto desencadena una cascada de eventos deletéreos, incluyendo la peroxidación de los lípidos de las membranas neuronales, la oxidación de proteínas y el daño al DNA¹⁰⁻¹². Un marcador clave de este desequilibrio es

la depleción del principal antioxidante intracelular, el glutatión (GSH)^{13,14}. Este ambiente prooxidante fomenta procesos de neuroinflamación, excitotoxicidad mediada por glutamato y, en última instancia, la muerte celular programada (apoptosis), culminando en la pérdida neuronal progresiva^{15,16}.

Ante este panorama, el uso de alimentos funcionales y productos naturales ricos en compuestos bioactivos ha surgido como una estrategia prometedora para la neuroprotección¹⁷. La *Chenopodium quinoa* (quinua), un grano andino, ha ganado atención por su excepcional perfil nutricional y fitoquímico, en particular, las variedades de color oscuro, como la quinua negra, son notablemente ricas en compuestos con potencial antioxidante, incluyendo polifenoles (ácidos fenólicos y flavonoides como la quercetina y el kaempferol) y tocoferoles (vitamina E). La quercetina y el kaempferol son flavonoides reconocidos por sus potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, capaces de neutralizar radicales libres y modular vías de señalización celular implicadas en la supervivencia neuronal^{18,19}.

A pesar del conocimiento sobre su composición, la evidencia experimental directa que evalúe el efecto neuroprotector de un extracto integral de quinua negra en un modelo de toxicidad por etanol es limitada. El presente estudio evaluó el efecto neuroprotector de un cocimiento de hojuelas de quinua negra (*Chenopodium quinoa*) contra el daño cerebral inducido por etanol en ratones, evaluando marcadores bioquímicos clave de estrés oxidativo y analizando los cambios histopatológicos en el tejido nervioso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio es de tipo experimental puro con grupo control y posprueba.

Se utilizaron hojuelas de *Chenopodium quinoa* (quinua) variedad negra, procedente de la región de Puno (3800 m de altura) en Perú. Para el ensayo se preparó diariamente un cocimiento de hojuelas de quinua negra al 5% p/v (50 g de hojuelas en 1000 mL de agua a volumen final) el cocimiento se realizó a 80°C por 15 minutos, con adición de azúcar y maicena (medio coloidal), simulando la forma tradicional de consumo de hojuelas.

Para la **evaluación del efecto neuroprotector** se emplearon 30 ratones macho *Mus musculus* de tres meses de edad ($29,0 \pm 3,1$ g), obtenidos del bioterio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y aclimatados en el bioterio de la Facultad de Medicina de la UNMSM, bajo condiciones estándar (ciclo de 12 h luz/oscuridad, 22°C, agua y alimento balanceado *ad libitum*).

El **método de inducción a daño neuronal** se realizó mediante la administración por vía intraperitoneal (VIP) de etanol a 1,8 g/kg (solución al 40% v/v), 30 minutos después del tratamiento por vía peroral.

Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cinco grupos experimentales ($n=6$) y recibieron tratamiento durante 14 días consecutivos:

Grupo I: medio coloidal 10 mL/kg vía peroral; 30 minutos después suero fisiológico por vía IP.

Grupo II (Etanol): medio coloidal 10 mL/kg vía peroral; 30 minutos después por etanol a 1,8 g/kg (solución al 40% v/v) VIP.

Grupo III: Vitamina E (15 UI/kg) vía peroral, 30 minutos después por etanol a 1,8 g/kg (solución al 40% v/v) VIP.

Grupo IV: cocimiento de quinua 5 mL/kg vía peroral, 30 minutos después por etanol a 1,8 g/kg (solución al 40% v/v) VIP.

Grupo V: cocimiento de quinua 15 mL/kg vía peroral, 30 minutos después por etanol a 1,8 g/kg (solución al 40% v/v) VIP.

Tras los 14 días, los animales fueron sometidos a ayuno de 12 horas y sacrificados por decapitación inmediata, técnica recomendada para estos estudios.

Los cerebros fueron extraídos, y los hemisferios se separaron para análisis bioquímico e histológico. El hemisferio cerebral izquierdo se utilizó para preparar homogenizados para la cuantificación de marcadores de estrés oxidativo.

Homogenizado para GSH Se pesó aproximadamente 150 mg de tejido cerebral y se homogenizó (Ultra Turrax IKA T10 Basic) con EDTA 0,02 mol/L. frío 4°C a un volumen final de 2 mL

Para la **determinación de la lipoperoxidación** se preparó un homogenizado de tejido cerebral (150 mg) con buffer fosfato (0,01 M pH 7,4 a un volumen final de 2 mL). Se determinó mediante la reacción con ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) mediante una técnica modificada. Los resultados se expresaron como nmol de malondialdehído (MDA) por gramo de tejido húmedo (nmol/g).

Para la **determinación de glutatión (GSH)** se pesó aproximadamente 150 mg de tejido cerebral y se homogenizó

(Ultra Turrax IKA T10 Basic) con EDTA 0,02 mol/L frío 4°C a un volumen final de 2 mL. Para la técnica se empleó el reactivo de Ellman (Ácido 5,5-ditiobis (2-nitrobenzoico) (DTNB), y los resultados se expresaron como μg de GSH por gramo de tejido ($\mu\text{g/g}$).

La **evaluación histológica** el hemisferio derecho y el cerebelo fueron conservado en formol al 10%, se procesaron para inclusión en parafina, se seccionaron y se tiñeron con Hematoxilina y Eosina (H&E). Se realizó un análisis histológico cualitativo por un médico especialista en patología, se evaluaron cambios morfológicos en la corteza cerebral (células piramidales y gigantes) y en el cerebelo (células de Purkinje), prestando especial atención a signos de daño celular como edema, picnosis nuclear y retracción citoplasmática.

En el **análisis Estadístico** los datos se analizaron con el software SPSS v.24.0. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos. Dado que los datos no seguían una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis seguida de comparaciones post-hoc para determinar las diferencias entre los grupos. Se consideró un valor de $p<0,05$ como estadísticamente significativo.

El presente estudio cumplió los **aspectos éticos** para el empleo de animales de experimentación, según la Ley Peruana N° 30407 de protección y bienestar animal y a los principios de las 3R de Russell y Burch.

RESULTADOS

Se evidenció que, tras la inducción al daño por etanol (grupo II) los valores de lipoperoxidación no mostraron diferencia significativa, mientras que los niveles de GSH se disminuyó de forma significativa, en comparación al grupo I. El Grupo III, que tuvo el tratamiento con Vitamina E y etanol, presentó niveles menores de lipoperoxidación y niveles mayores de GSH, respecto al grupo II. (Tabla 1)

Tabla 1. Nivel de Lipoperoxidación (TBARS) en homogenizado de cerebro según grupo de tratamiento

Grupo	Tratamiento	Lipoperoxidación (nm/g de tejido)		GSH (mg/mL/g de tejido)	
		Mediana (RIC)	% Inhibición	Mediana (RIC)	% de incremento
Grupo I:	Medio coloidal VPO + SF VIP	39,0 (8,2)	—	2,2 (0,2) ^a	—
Grupo II:	Medio coloidal VPO + etanol VIP	38,6 (10,2)	—	1,1 (0,1)	—
Grupo III:	Vitamina E VPO + etanol VIP	24,9 (6,7) ^a	35,4	1,4 (0,1) ^a	24,8
Grupo IV:	Quinua 5% VPO + etanol VIP	22,4 (3,5) ^a	42,1	1,2 (0,1)	1,8
Grupo V:	Quinua 15% VPO + etanol VIP	28,5 (3,9)	26,2	1,2 (0,04)	2,7

Shapiro-Wilk ($p<0,05$). Kruskal-Wallis ($p>0,05$). a $p<0,05$ comparado con el grupo II. SF: suero fisiológico. RIC: Rango intercuartílico. VIP: vía intraperitoneal. VOP: vía peroral.

Tabla 2. Descripción histológica del tejido del cerebro y cerebelo de ratones

Grupo	Cerebro	Cerebelo
I	Corteza intacta, similar en la capa granulosa, la zona límbica no evidenció modificaciones en su estructura, en cuanto a las células de la glía, células piramidales y células gigantes se observaron de apariencia normal y sin edema.	La capa granular normal, las células de Purkinje con un número mayor a seis por campo, las cuales están en distribución homogénea y sin edemas con una leve eosinofilia citoplasmática mientras la capa molecular externa en condiciones normales y sin edemas.
II	Todas las muestras presentaron edema leve en las células gliales y en la zona perivascular, observándose células gigantes en presencia de edema, en cuanto las células piramidales con cambios en su forma y con edema pericitoplasmático moderado.	Las células de Purkinje se observaron deformes y ralas, con citoplasma retraído y ligero cambio de posición (asimétrica) y de tamaño más pequeño y con edema severo. Se observó daño en el núcleo y con una marcada picnosis. La capa molecular y granulosa presentan edema moderado.
III	En la mayoría de los cortes cerebrales se evidenciaron que en el hipocampo (zona límbica) presentaban las células gigantes normales y edema leve con células piramidales retraídas y con halo citoplasmático.	Observó edema en la mitad de la capa granular con células de Purkinje hiperocrómicas y con alteración de la membrana, retraída en el citoplasma, algunas sin axón, en presencia de arrugamiento y picnosis en la mayoría de sus núcleos.
IV	Se evidenció edema leve en las células piramidales en el espacio subaracnoides y zona medular y con la mitad de eosinofilia citoplasmática neuronal, las células gigantes y gliales dañadas y con edema leve menor del 30%.	La capa molecular y granular presenta edema moderado, mientras que las células de Purkinje con edematización severa, algunas arrugadas y disminuidas en su forma normal y otras espiculadas y con ligero edema, con presencia de proliferación celular y ligeramente hiperocrómicas y con eosinofilia moderada.
V	Se presentó edema leve solo en la zona perivascular, las células piramidales normales y células gigantes normales.	Las células de Purkinje se encontraban con edema leve-moderado, recuperando su axón y forma, sin presencia de eosinofilia citoplasmática. Las que se encontraban cercanas a la capa granulosa (CG) algunas picnóticas. La capa molecular y granular presentan edema leve.

En el grupo IV se observó una reducción significativa de la lipoperoxidación, respecto al grupo II, sin embargo, el grupo V los niveles de este indicador se incrementó sin alcanzar los niveles del grupo II. Respecto a los niveles de GSH los grupos IV y V no mostraron diferencia significativa con el grupo II.

DISCUSIÓN

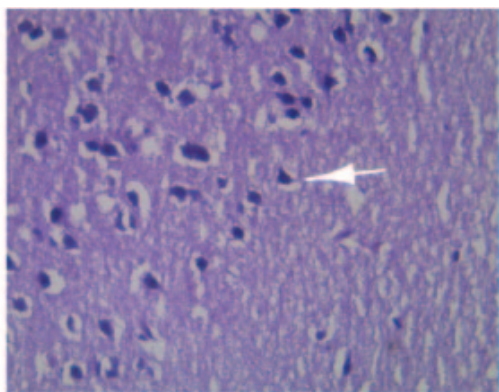
El envejecimiento es un proceso universal e inevitable que está en aumento a nivel mundial, trayendo consigo una mayor incidencia de enfermedades neurodegenerativas²⁰. La existencia de estrés oxidativo en estas patologías requiere de la acción de antioxidantes para contrarrestar dicho evento, los cuales pueden anular los efectos adversos de los radicales libres y prevenir la neurodegeneración.

En el presente estudio, el grupo II (etanol) mostró una disminución significativa del GSH y un severo daño histológico, aunque la lipoperoxidación no se elevó significativamente respecto al control. El etanol es un neurotóxico que cruza fácilmente la barrera hematoencefálica, y su metabolismo cerebral, principalmente vía catalasa y el sistema MEOS, genera acetaldehído y productos oxidativos. Este proceso explica la depleción de defensas antioxidantes como el GSH y el daño

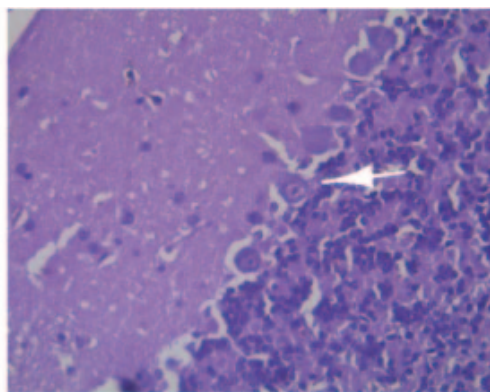
estructural observado²¹. La membrana neuronal, rica en ácidos grasos poliinsaturados, es particularmente sensible a la lipoperoxidación, un evento que incrementa la permeabilidad de la membrana altera los gradientes iónicos y puede conducir a la muerte celular. Los hallazgos histológicos, con daño severo en las células de Purkinje, son consistentes con la conocida vulnerabilidad del cerebelo al etanol²². La disminución del GSH observada se asocia directamente con la muerte neuronal y es un marcador común en enfermedades neurodegenerativas y en la desintoxicación del etanol.

El grupo III, tratado con vitamina E, mostró una reducción de la lipoperoxidación y un aumento del GSH, con una protección histológica parcial. Esto concuerda con el rol de la vitamina E como un antioxidante liposoluble que protege las membranas celulares interrumpiendo las reacciones en cadena de los radicales libres, limitando así la peroxidación lipídica^{23,24}. Su capacidad para regenerar el sistema de defensa antioxidante, incluyendo el glutatión, explica la mejora en los marcadores bioquímicos.

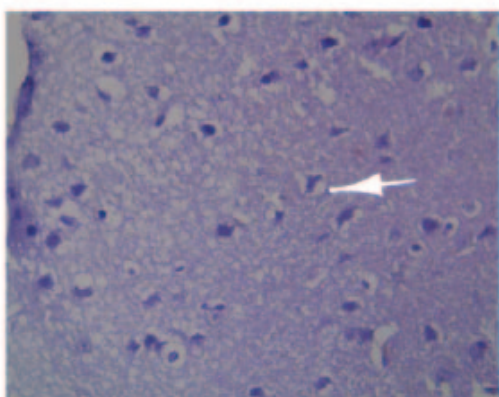
En los grupos tratados con el cocimiento de quinua negra (IV y V), se observó una notable reducción de la lipoperoxidación, pero los niveles de GSH se mantuvieron similares a los



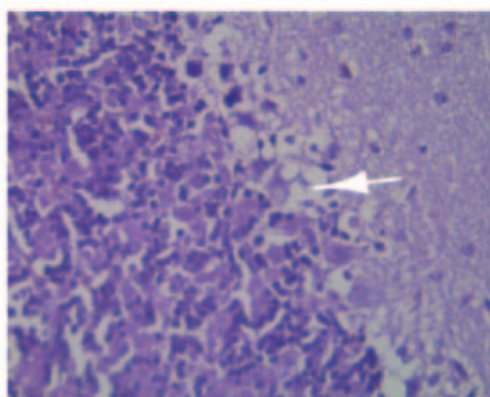
Microfotografía 1 (grupo I). cerebro: Células gigantes, estructura conservada. H-E 40 x.



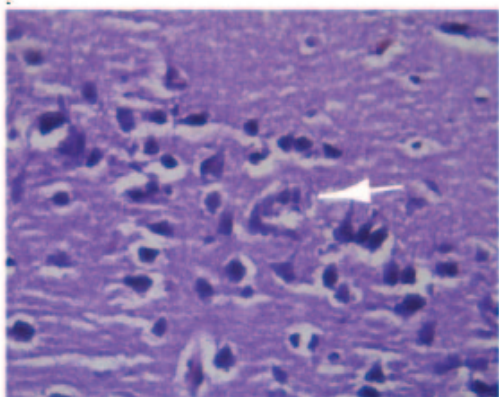
Microfotografía 2 (grupo I). Cerebelo: células de Purkinje, estructura conservada. H-E 40 x.



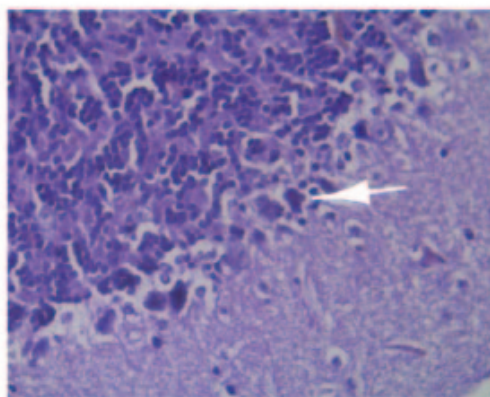
Microfotografía 3 (grupo II). Cerebro: Células piramidales de la corteza, presencia de edema. H-E 40 x.



Microfotografía 4 (grupo II). Cerebelo: células de Purkinje deformes y ralas, citoplasma retraído. H-E 40 x.

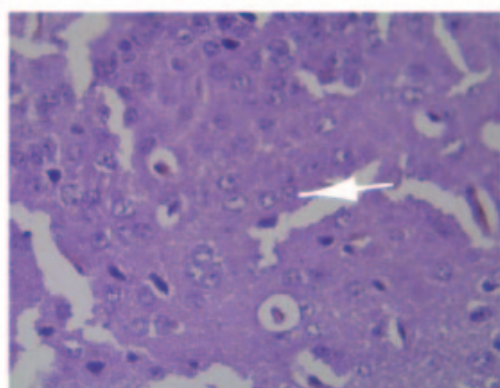


Microfotografía 5 (grupo III). Cerebro: Células piramidales con edema leve. H-E 40 x.

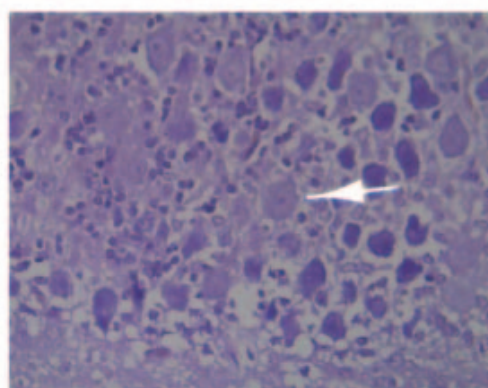


Microfotografía 6 (grupo III). Cerebelo: células de Purkinje hipercrómicas y con alteración de la membrana, retracción citoplasmática. H-E 40 x.

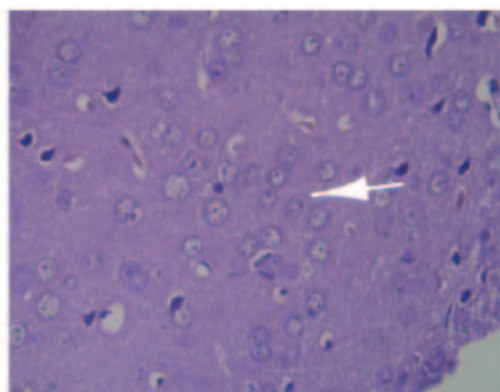
Figura 1. Microfotografía de tejido de cerebro y cerebelo de ratones



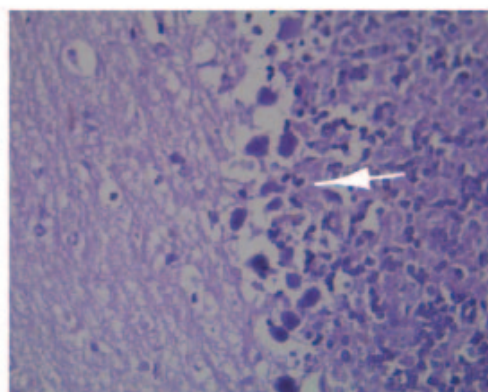
Microfotografía 7 (grupo IV). Cerebro: Células gigantes con edema leve. H-E 40 x.



Microfotografía 8 (grupo IV). Cerebelo: células de Purkinje edema severo. H-E 40 x.



Microfotografía 9 (grupo V). Cerebro: Células gigantes de la corteza cerebral normal. H-E 40 x.



Microfotografía 10 (grupo V). Cerebelo: células de Purkinje moderada y eosinofilia citoplasmática. H-E 40 x.

Figura 1 Continuación. Microfotografía de tejido de cerebro y cerebelo de ratones

del grupo dañado por etanol. Este hallazgo sugiere que el mecanismo protector de la quinua es, en gran parte, independiente del sistema GSH.

La quinua negra es una fuente rica en fitoquímicos como flavonoides (quercetina, kaempferol) y ácidos fenólicos²⁵⁻²⁷. Estos compuestos son potentes antioxidantes que pueden neutralizar directamente las especies reactivas de oxígeno, previniendo el incremento de la lipoperoxidación sin necesidad de recurrir a la maquinaria enzimática del GSH. Se ha reportado que la quercetina posee una actividad antioxidante cinco veces mayor que la vitamina E²⁸. Esta acción de secuestro directo de radicales libres podría explicar la disminución de TBARS.

Adicionalmente, los flavonoides ejercen neuroprotección a través de la modulación de la neuroinflamación, inhibiendo

la activación de la microglía y la producción de moléculas proinflamatorias^{15,16}. Este efecto antiinflamatorio, sumado a la acción antioxidante, podría explicar la mejora histológica observada, que fue más pronunciada en el grupo V (dosis alta), donde se vio una recuperación de la forma y axón de las células de Purkinje. La quercetina ha demostrado ser efectiva en la neuroprotección en diversos modelos *in vitro* e *in vivo*, previniendo la formación de TBARS y protegiendo contra el daño neuronal²⁸. Los resultados obtenidos, por tanto, pueden atribuirse a la acción sinérgica de los múltiples compuestos bioactivos presentes en el cocimiento de quinua negra, incluyendo flavonoides y la propia vitamina E que contiene.

Este estudio demuestra que un cocimiento de hojuelas de quinua negra ejerce una significativa protección contra la neu-

rotoxicidad inducida por etanol en ratones. Esta protección se manifiesta en la reducción de la peroxidación lipídica y la atenuación del daño neuronal estructural. Notablemente, el mecanismo de acción es independiente de la reposición de glutatión, lo que apunta a la acción antioxidante directa de su rico contenido en polifenoles y a la posible modulación de otras vías de defensa celular. Estos hallazgos respaldan el potencial de la quinoa negra como un alimento funcional neuroprotector y justifican una investigación más profunda sobre sus componentes bioactivos específicos y sus complejos mecanismos de acción, incluyendo su influencia en el eje intestino-cerebro.

CONCLUSIÓN

El cocimiento de quinoa negra demuestra una notable actividad neuroprotectora contra la toxicidad inducida por etanol, mitigando la lipoperoxidación y el daño neuronal estructural. Esta protección parece operar a través de un mecanismo independiente de GSH, lo que sugiere una acción antioxidante directa o la modulación de otras vías de defensa celular por parte de sus constituyentes bioactivos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Garcés M. Estudio sobre las enfermedades neurodegenerativas en España y su impacto económico y social. 2016. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/27610>
- Pla A. Importancia de los mecanismos de degradación de proteínas en la neurodegeneración causada por el abuso de alcohol: papel de los receptores TLR4. [Tesis Doctoral]. España: Universidad Politécnica de Valencia; 2014. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=87190>
- Hassan H. Ahmed H, Hassan D. Radicales libres y estrés oxidativo: mecanismo y dianas. *Anticuerpos Hum.* 2024;32(4):151-167. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39031349/>
- López GV, Porcal Quinta W. Estrés oxidativo / nitro-oxidativo como blanco terapéutico en enfermedades neurodegenerativas. In: *Neuroprotección en enfermedades neuro y heredo degenerativas*. Ed. OmniaScience; 2014. p. 157–90. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.43>
- Jurcau MC, Jurcau A, Diaconu RG. Oxidative Stress in the Pathogenesis of Neurodegenerative Diseases. *Stresses*. 2024 Dec 1; 4(4):827–49. <https://doi.org/10.3390/stresses4040055>
- Orfali R, Alwatban AZ, Orfali RS, Lau L, Chea N, Alotaibi AM, et al. Oxidative stress and ion channels in neurodegenerative diseases. *Front Physiol*. University of Extremadura, Spain 2024;15. DOI: 10.3389/fphys.2024.1320086
- Martí Prats L. Dual motor responses elicited by ethanol administered into the pVTA of ratas: implications for the development of a new strategy for alcohol - relapse treatment. [Tesis Doctoral]. España: Universidad de Valencia; 2015. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=74994>
- Almansa M. Efecto del consumo crónico de etanol sobre el cerebro de rata. Tratamiento con naltrexona. [Tesis Doctoral]. España: Universidad Cardenal Herrera; 2011. <http://hdl.handle.net/10637/5476>
- Porcu F. Efecto del consumo intensivo y repetido de etanol sobre la integridad de la barrera hematoencefálica. Implicación de los receptores toll-like 4 (TLR4). [Tesis Doctoral]. España: Universidad Complutense de Madrid; 2017. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/21742>
- Gil-Mohapel J, Bianco CD, Cesconetto PA, Zamoner A, Brocardo PS. Ethanol exposure during development, and brain oxidative stress. In: *Neuroscience of Alcohol: Mechanisms and Treatment*. Ed. Elsevier; 2019. p. 493–503. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813125-1.00051-9>
- Hernández JA, López-Sánchez RC, Rendón-Ramírez A. Lipids and Oxidative Stress Associated with Ethanol-Induced Neurological Damage. Vol. 2016, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Hindawi Publishing Corporation; 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/1543809>
- Kruman II, Henderson GI, Bergeson SE. DNA damage and neurotoxicity of chronic alcohol abuse. Vol. 237, *Experimental Biology and Medicine*. 2012;237(7):740-7. doi: 10.1258/ebm.2012.011421
- Klein JA, Ackerman SL. Oxidative stress, cell cycle, and neurodegeneration. *Journal of Clinical Investigation*. 2003 Mar;111(6):785–93. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI18182>
- Shukla D, Goel A, Mandal PK, Joon S, Punjabi K, Arora Y, et al. Glutathione Depletion and Concomitant Elevation of Susceptibility in Patients with Parkinson's Disease: State-of-the-Art MR Spectroscopy and Neuropsychological Study. *ACS Chem Neurosci*. 2023 Dec 20;14(24):4383–94. <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.3c00717>
- Vongthip W, Nilkhet S, Boonruang K, Sukprasansap M, Tencomnao T, Baek SJ. Neuroprotective mechanisms of luteolin in glutamate-induced oxidative stress and autophagy-mediated neuronal cell death. *Sci Rep*. 2024. 14(1). DOI: 10.1038/s41598-024-57824-2
- Jurcau A, Ardelean AI. Oxidative Stress in Ischemia/Reperfusion Injuries following Acute Ischemic Stroke. *Biomedicines* 2022. 10(3). DOI: 10.3390/biomedicines10030574
- Arias Rodríguez R, Toma Zárate JP, Aguilar Felices EJ, Ramírez Roca EG, Shimabuku Azato R, Suárez Cunza S. Neuroprotección del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Satureja brevifolia* 'wayra muña' en un modelo animal de hipoxia e hipoxia-isquemia. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2012;73(3):215–9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37925140008>
- Pathan S, Siddiqui RA. Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*. 2022. 1;14(3):558. <https://doi.org/10.3390/nu14030558>
- Lin M, Han P, Li Y, Wang W, Lai D, Zhou L. Quinoa secondary metabolites and their biological activities or functions. *Molecules*. 2019;24(13):2512. <https://doi.org/10.3390/molecules24132512>
- Varela L, Chávez H, Gálvez M, Méndez F. Características del deterioro cognitivo en el adulto mayor hospitalizado a nivel nacional.

- Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. 2004;17(2): 37–42. https://medicinainterna.net.pe/revista/revista_17_2_2004/a02.pdf
21. Mitoma H, Manto M, Shaikh AG. Mechanisms of ethanol-induced cerebellar ataxia: Underpinnings of neuronal death in the cerebellum. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Aug 2;18(16). DOI: 10.3390/ijerph18168678
22. Ramezani A, Goudarzi I, Lashkarboluki T, Ghorbanian MT, Abrari K, Salmani ME. Role of Oxidative Stress in Ethanol-induced Neurotoxicity in the Developing Cerebellum. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2012;15(4):965–74. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3586913/>
23. La Fata G, Weber P, Mohajeri MH. Effects of Vitamin E on Cognitive Performance during Ageing and in Alzheimer's Disease. *Nutrients*. 2014;6(12):5453–72. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu6125453>
24. Kilicarslan You D, Fuwad A, Lee KH, Kim HK, Kang L, Kim SM, et al. Evaluation of the Protective Role of Vitamin E against ROS-Driven Lipid Oxidation in Model Cell Membranes. *Antioxidants*. 2024;13(9). DOI: 10.3390/antiox13091135
25. Zhang L, Dang B, Lan Y, Zheng W, Kuang J, Zhang J, et al. Metabolomics Characterization of Phenolic Compounds in Colored Quinoa and Their Relationship with In Vitro Antioxidant and Hypoglycemic Activities. *Molecules*. 2024; 29(7). <https://doi.org/10.3390/molecules29071509>
26. Al-Qabba MM, El-Mowafy MA, Althwab SA, Alfheaid HA, Aljutaily T, Barakat H. Phenolic profile, antioxidant activity, and ameliorating efficacy of chenopodium quinoa sprouts against CCl₄-induced oxidative stress in rats. *Nutrients*. 2020;12(10):1–15. <https://doi.org/10.3390/nu12102904>
27. Yang C, Zhu X, Liu W, Huang J, Xie Z, Yang F, et al. Quantitative analysis of the phenolic compounds and antioxidant activities of six quinoa seed grains with different colors. *LWT*. 2024 Jul 1;203. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116384>
28. Dong YS, Wang JL, Feng DY, Qin HZ, Wen H, Yin ZM, et al. Protective effect of quercetin against oxidative stress and brain edema in an experimental rat model of subarachnoid hemorrhage. *Int J Med Sci*. 2014;11(3):282–90. DOI: <https://doi.org/10.7150/ijms.7634>

Relación entre el índice de masa corporal y el índice tri-ponderal con la prueba de caminata de seis minutos en adultos mayores

Relationship between body mass index and tri-weight index with the six-minute walk test in older adults

Marco COSSIO-BOLAÑOS^{1,2}, Rubén VIDAL-ESPINOZA³, Benjamin JORQUERA-DONOSO¹, Pablo PEDRERO-VALENZUELA¹, Camilo URRÁ-ALBORNOZ⁴, Fernando ALVEAR-VÁSQUEZ⁵, Marcella Silva RAMOS DE LAZARI⁶, Rossana GÓMEZ-CAMPOS^{1,2}

1 Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

2 Faculty of Education, Psychology and Sport Sciences, University of Huelva, Huelva, Spain.

3 Universidad Católica Silva Henríquez, Santiago, Chile.

4 Universidad del Bío Bío, Chillán, Chile.

5 Universidad Santo Tomás, Chile.

6 Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Estadual de Campinas Sao Paulo, Brazil.

Recibido: 29/julio/2025. Aceptado: 4/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Durante el proceso de envejecimiento de los adultos mayores (AM), se produce una disminución en la aptitud física, lo que lleva a que los AM experimenten dificultades con las actividades de la vida diaria.

Objetivo: Determinar la relación entre el Índice de Masa Corporal (IMC), y el Índice Tri-Ponderal (ITP) con la distancia recorrida en la prueba de caminata de 6 minutos en AM.

Metodología: Se efectuó un estudio correlacional en AM de 65 a 85 años de edad de ambos sexos. Se investigó a 200 AM. Se evaluó el peso, estatura. Se calculó el IMC e ITP. Se evaluó la aptitud aeróbica (AA) por medio de la prueba de caminata de 6 minutos según Sociedad Torácica Americana (ATS).

Resultados: Las relaciones entre el IMC e ITP con la prueba de caminata de 6 minutos fueron negativas. En hombres, el ITP explicó un $R^2 = 13,4\%$ de la variabilidad frente al $7,3\%$ del IMC; en mujeres, el ITP explicó $R^2 = 11,4\%$ frente a $7,6\%$ del IMC.

Conclusión: Ambos índices antropométricos (IMC e ITP) se relacionan de manera negativa y significativa con la AA en AM de ambos sexos, sin embargo, a pesar de tener relaciones moderadamente bajas, el ITP fue el indicador antropométrico que mostró una mayor capacidad explicativa sobre la aptitud aeróbica en ambos sexos.

PALABRAS CLAVE

Índice tri-ponderal, predicción antropométrica, envejecimiento, desempeño cardiorespiratorio.

ABSTRACT

Introduction: During the aging process of older adults (OAs), there is a decline in physical fitness, leading to difficulties with activities of daily living.

Objective: Determine the relationship between Body Mass Index (BMI) and Tri-Weight Index (TWI) with the distance covered in the 6-minute walk test in OAs.

Methodology: A descriptive cross-sectional study was conducted on OAs aged 65 to 85 years of both sexes. A total of 200 OAs were investigated. Weight and height were assessed. BMI and TPI were calculated. Aerobic fitness (AF) was assessed using the 6-minute walk test.

Correspondencia:
Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

Results: In men, BMI was found to have a significant negative correlation with the 6-minute walk test ($r = -0.271$, $r^2 = 7.3\%$). However, WHR also showed a significant negative correlation ($r = -0.366$; $r^2 = 13.4\%$). In women, BMI showed a similar correlation to that of men with the 6-minute walk test ($r = -0.276$; $R^2 = 7.6\%$), which was significant and negative. Meanwhile, with ITP, the correlation was ($r = -0.338$; $r^2 = 11.4\%$).

Conclusion: Both anthropometric indices (BMI and WHR) are negatively and significantly related to AA in MA of both sexes. However, despite having moderately low relationships, WHR was the anthropometric indicator that showed the greatest explanatory power for aerobic fitness in both sexes.

KEYWORDS

Tri-ponderal index, anthropometric prediction, aging, cardiorespiratory performance.

INTRODUCCIÓN

La antropometría permite caracterizar a los grupos humanos, evaluar el estado nutricional, monitorizar el crecimiento físico, e incluso sirve como parámetro para verificar cambios en el somatotipo, la proporcionalidad y la composición corporal en diversas fases del crecimiento y del desarrollo humano¹. Las mediciones antropométricas a menudo pueden ayudar a evaluar el estado de salud y la alimentación, así como el riesgo de padecer enfermedades futuras en diversas poblaciones.

En general, el tamaño y la forma del cuerpo están determinados por factores genéticos y medioambientales, entre los que se incluyen el estilo de vida, con un potencial impacto en la salud, y en el proceso de envejecimiento en adultos mayores².

En los últimos años, se ha dado importancia al uso de los indicadores antropométricos como el índice de masa corporal (IMC), Índice Tri-Ponderal (ITP), índice cintura-cadera (ICC), entre otros como determinantes de enfermedades crónicas y del estado de salud en general en diversas poblaciones³⁻⁶, e incluso, como predictores de la aptitud aeróbica en niños, jóvenes, y adultos⁷⁻¹⁰.

En ese sentido, la literatura en general ha destacado que durante el proceso de envejecimiento de los adultos mayores (AM), se produce una disminución en la aptitud física, lo que lleva a que los adultos mayores AM experimenten dificultades con las actividades de la vida diaria¹¹, disminución de la fuerza y la resistencia muscular, la agilidad, la movilidad articular¹², aumento del riesgo de caída¹³ y deterioro de la aptitud aeróbica¹⁴.

En suma, basados en que las características e indicadores antropométricos cambian con el aumento de la edad y afectan la salud de diversas maneras a los AM² y a menudo los

estudios en general utilizan el IMC como parte del componente morfológico de la aptitud funcional¹⁴, este estudio presupone que el ITP podría ser un indicador antropométrico más preciso que el IMC para reflejar la relación entre la morfología corporal y la aptitud aeróbica en AM.

Por lo tanto, este estudio se propuso como objetivo analizar la relación entre el IMC y ITP con la aptitud aeróbica, con el fin de determinar cuál de estos índices es un mejor predictor de la aptitud aeróbica en AM de ambos sexos.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio correlacional en AM de 65 a 85 años de edad de ambos sexos. La selección de la muestra fue no-probabilística (por cuotas). Se investigó a 200 AM (100 hombres y 100 mujeres) de la región centro-sur de Chile. Todos los participantes estaban matriculados en los programas de atención de AM de cuatro municipalidades de la región. Los rangos de edad considerados en el estudio fueron: 65 a 69 años (30 hombres y 35 mujeres), 70 a 74 años (30 hombres y 30 mujeres), 75 a 79 años (25 hombres y 20 mujeres) 80 a 85 años (15 hombres y 15 mujeres).

Se incluyeron en el estudio a todos los AM que se movilizaban solos (sin ayudas técnicas; o con el uso de bastón permitido) y a los que firmaron el consentimiento informado. También se incluyeron a todos los que completaron las medidas antropométricas y la prueba de aptitud aeróbica. Se excluyeron a los AM que no estaban matriculados en los programas, a los que no estaban en el rango de edad establecido en el estudio, así como a los que presentaron algún tipo de comorbilidades/contraindicaciones que excluyen la prueba (angina, EPOC descompensada, crisis hipertensiva, etc.) e incluso, a los que estaban medicados con betabloqueantes (disminuyen la frecuencia cardíaca y pueden limitar el ejercicio físico). El estudio se efectuó de acuerdo a la declaración de Helsinki para seres humanos y en conformidad al comité de ética de la Universidad Católica del Maule (UCM-93/2022). El manejo del término de confidencial se mantuvo en la investigación a través de la codificación anónima de cada participante. Se informó que el almacenamiento de los datos es para usos exclusivo de investigación.

Técnicas instrumentos

Las evaluaciones se efectuaron en las instalaciones de los clubes que atienden a los AM de las cuatro municipalidades. Se efectuó en los meses de septiembre-diciembre 2023. Las evaluaciones se efectuaron en la franja horaria de Chile continental (GMT-4). Se elaboró una ficha individual para registrar los datos de los AM.

Para la evaluación antropométrica se utilizó el protocolo y las recomendaciones de Ross & Marfell-Jones¹⁵. Se evaluó

el peso corporal (kg) usando una balanza electrónica (Tanita, Reino Unido) con escala de 0 a 150 kg con precisión de 100 g. La estatura se midió con un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania) con precisión de 0.1 mm.

Los índices antropométricos utilizados fueron: Índice de masa corporal (IMC) [utilizando la fórmula: $IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^2 \text{ (m)}]$ y el Índice Tri-Ponderal ITP utilizando la fórmula: $ITP = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^3 \text{ (m)}]$.

La aptitud aeróbica se evaluó a través de la prueba de caminata de 6 minutos. Se utilizó el protocolo estandarizado por la sociedad Americana del Tórax (ATS)¹⁶. Un día antes de efectuar esta prueba, se indicó a los AM evitar la ingesta de cafeína y la práctica de ejercicio vigoroso durante las 12–24 horas anteriores. Para ello, se les entregó una ficha de auto reporte. El día de la prueba, los AM realizaron ejercicios de calistenia (flexibilidad y caminata leve por 10 minutos). Luego se evaluó en línea recta en un espacio de 30 metros (en un sentido de ida y vuelta). Las distancias fueron demarcadas por conos cada 5 metros. Se registró la distancia (metros) y en todo momento se motivó a los AM a completar la prueba. El tiempo se controló con cronómetro de marca Casio (1/100 Seg). La prueba se efectuó sobre una superficie rígida, en ambiente abierto y entre 16 a 22°C.

Estadística

La distribución normal de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se efectuó análisis estadístico descriptivo (promedio, desviación estándar, frecuencias, porcentajes). Las diferencias entre sexos se determinaron por medio de test t para muestras independientes, se calculó el tamaño

del efecto (TE) por medio de la d Cohen. Las relaciones entre indicadores antropométricos con la prueba de caminata de 6 minutos se efectuaron por medio de Pearson. Se calculó el coeficiente de determinación (R^2) y sus parámetros para determinar la proporción de la variabilidad de la variable dependiente (aptitud aeróbica). Para todos los casos, se adoptó un nivel de significancia de $p < 0,05$ y los cálculos de efectuaron en planillas de Excel y SPSS 18.0.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las características antropométricas de la muestra de AM investigados. No hubo diferencias significativas entre ambos sexos en la edad, en la aptitud aeróbica y en todas las variables antropométricas ($p > 0,05$). El TE (d cohen) mostró tamaños muy pequeños en todas las variables.

En la tabla 2 se observan los valores de correlación, coeficiente de determinación y las estimaciones de los parámetros del modelo lineal. Por ejemplo, en los hombres, se evidenció que el IMC tiene una correlación negativa y significativa con la prueba de caminata de 6 minutos ($r = -0,271$; $p < 0,01$), donde el coeficiente de determinación explica ($R^2 = 7,3\%$). Sin embargo, el ITP también evidenció una correlación negativa y significativa ($r = -0,366$; $p < 0,01$), pero con mayor poder de explicación que el IMC, mostrando un ($R^2 = 13,4\%$), lo cual, sugiere que el ITP es un mejor predictor de la aptitud aeróbica en relación al IMC, a pesar de mostrar coeficientes de determinación bajos/moderados. En relación a las mujeres, el IMC presentó una correlación similar a los hombres con la prueba de caminata de 6 minutos ($r = -0,276$; $R^2 = 7,6\%$), siendo significativa y negativa. Mientras tanto con el ITP, la co-

Tabla 1. Características antropométricas de los adultos mayores estudiados

Variables	Hombres (n= 100)		Mujeres (n= 100)		Diferencias		TE (d)
	X	DE	X	DE	t	p-valor	
Edad (años)	72,3	7,2	78,4	11,9	-0,30	0,767	-0,08
Antropometría							
Peso (kg)	72,1	13,0	71,0	13,1	0,33	0,745	0,08
Estatura (cm)	155,3	8,7	154,8	8,1	0,23	0,819	0,06
IMC (kg/m ²)	29,9	5,1	29,6	4,9	0,23	0,817	0,06
ITP (kg/m ³)	19,4	3,8	19,2	3,5	0,21	0,833	0,05
Aptitud aeróbica							
Caminata 6 minutos (m)	447,4	95,1	446,1	109,1	0,05	0,961	0,01

X: Promedio, DE: Desviación estándar, IMC: Índice de masa corporal, ITP: Índice Tri-Ponderal, TE: Tamaño del efecto.

Tabla 2. Valores de correlación y coeficiente de determinación entre indicadores antropométricos (IMC e ITP) con la prueba de caminata de 6 minutos según género

Indicadores	R	R ²	F	C	b	p-valor
Hombres (n= 100)						
IMC (kg/m ²)	R= -0,271**	0,073	7,758	610,04	-5,483	0,001
ITP (Kg/m ³)	R= 0,366**	0,134	15,138	640,047	-10,065	0,001
Mujeres (n= 100)						
IMC (kg/m ²)	R= -0,276**	0,076	42,71	634,343	-6,412	0,001
ITP (Kg/m ³)	R= -0,338**	0,114	66,656	657,214	-11,113	0,001

R²: coeficiente de determinación, b: Beta, IMC: Índice de masa corporal, ITP: Índice Tri-ponderal.

relación fue más alta que el IMC ($r = -0,338$; $p < 0,01$) y el poder de explicación fue superior ($R^2 = 11,4\%$). La figura 1 muestra el poder de explicación entre indicadores antropométricos (IMC e ITP) con la prueba de caminata de 6 minutos.

DISCUSIÓN

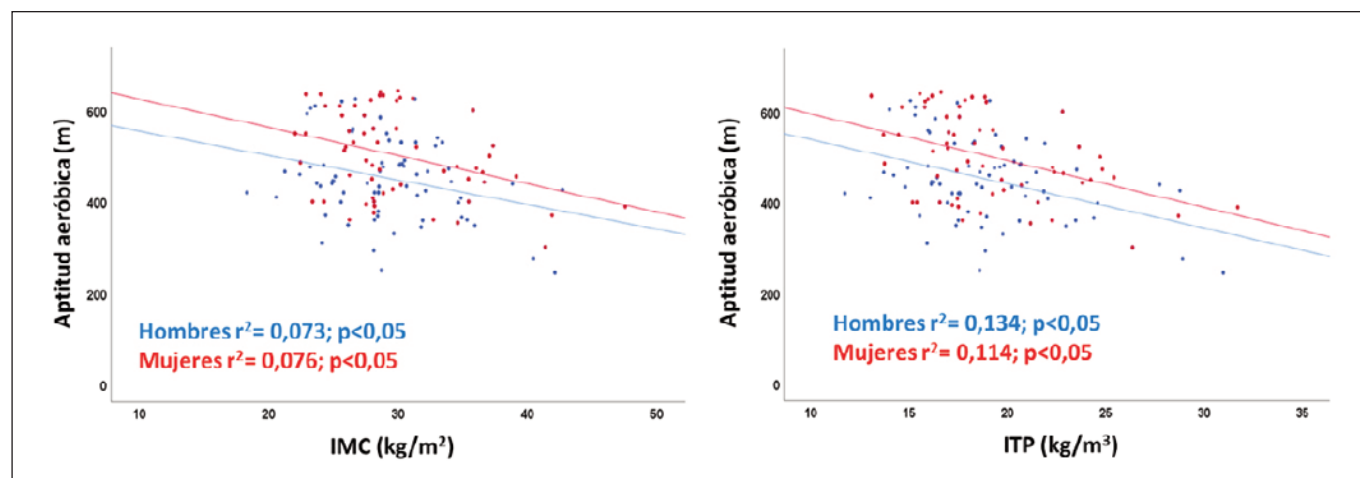
El objetivo del estudio fue analizar la relación entre el IMC, y el ITP con la distancia recorrida en la prueba de caminata de 6 minutos, con el fin de determinar cuál de estos índices es un mejor predictor de la aptitud aeróbica en AM.

Los resultados del estudio han reflejado que ambos índices antropométricos se relacionan negativamente con la aptitud aeróbica (caminata de 6 minutos) en AM de ambos sexos. A pesar de que la explicación es moderadamente baja, el ITP, fue el que mejor explica la varianza. Por ejemplo, en hombres superó al IMC en 6%, mientras que en mujeres fue de 4%. Estos hallazgos son relevantes, puesto que estudios previos

relacionados al sobrepeso, obesidad, aptitud física, ya habían confirmado los usos y aplicaciones que ofrecía el ITP en relación al IMC en niños, jóvenes y adultos de diversas poblaciones geográficas¹⁷⁻²².

En general, al parecer el ITP ha evidenciado ser un índice de grasa corporal superior al IMC en diversas poblaciones y etapas de la vida, por lo que su fundamentación radica en que la altura al cubo permite corregir las variaciones en la edad, el peso y los cambios en la grasa corporal durante el crecimiento físico²¹ y decrecimiento a edades avanzadas²².

Por ello, en términos de evaluación de la grasa corporal, el ITP otorga una mayor precisión en la detección del sobrepeso y la obesidad tanto en sujetos de baja, como de elevada estatura en diversas etapas de la vida^{22,23}. Consecuentemente, esta característica podría estar relacionada negativamente con la aptitud aeróbica en AM, debido a una menor eficiencia cardiovascular, menor masa muscular activa, así como niveles

**Figura 1.** Valores del coeficiente de determinación en entre indicadores antropométricos con la aptitud aeróbica en AM de ambos sexos

reducidos de actividad física y deterioro de la aptitud funcional²⁴⁻²⁷. Por lo tanto, estos factores traen consigo un menor desempeño en la aptitud aeróbica de los AM estudiados.

En suma, con base en los resultados obtenidos y la evidencia existente, se puede plantear que el ITP tiene un amplio potencial como predictor de la aptitud aeróbica en AM, dado que integra dimensiones de masa corporal y estatura que permiten una estimación más precisa del exceso adiposo, el cual, se ha relacionado negativamente con la aptitud aeróbica en este grupo estudiado, por lo que estudios futuros deben tomar en consideración estos hallazgos y ser cautelosos al utilizar el IMC como único indicador de estado de peso y especialmente al evaluar la aptitud aeróbica en AM.

De hecho, es ampliamente conocido que la asociación del IMC con el riesgo para la salud es inconsistente y varía según la edad, el sexo y la etnia²⁸, además, la literatura destaca que en los fundamentos históricos, las categorías de peso, su utilidad como medida de diagnóstico clínico y su aplicación en subgrupos de población han puesto en tela de juicio su aplicación²⁹, especialmente debido a su incapacidad para distinguir entre masa grasa y masa libre de grasa^{30,31}. Por lo que, su uso como único indicador puede conducir a interpretaciones erróneas, particularmente en poblaciones como los AM con variaciones atípicas de peso y estatura, respectivamente.

El estudio presenta algunas limitaciones, por ejemplo, estas están determinadas por el tipo de estudio transversal y la selección de la muestra no-probabilística. En el primer caso, un diseño transversal impide establecer relaciones de causa y efecto y en el segundo, no es posible generalizar los resultados a otros contextos con similares características. También destacamos, que no fue posible evaluar indicadores de composición corporal y los niveles de actividad física, puesto esta información hubiera posibilitado enriquecer la discusión de los resultados obtenidos. También, se debe destacar las fortalezas del estudio, puesto que es uno de los primeros estudios que evalúa la aplicada del ITP en AM, además, los resultados de este estudio pueden servir para futuras comparaciones como medidas de tendencia secular, así como para posibles comparaciones con otros estudios regionales.

CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio han demostrado que ambos índices antropométricos (IMC e ITP) se relacionan de manera negativa y significativa con la aptitud aeróbica en adultos mayores de ambos sexos, sin embargo, a pesar de tener relaciones moderadamente bajas, el ITP fue el indicador antropométrico que mostró una mayor capacidad explicativa sobre la aptitud aeróbica en ambos sexos. Estos hallazgos sugieren que el ITP podría ser un indicador antropométrico más sensible y aplicable para estimar la aptitud aeróbica de esta población en proceso de envejecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto Fondecyt regular, 1221708.

REFERENCIAS

1. Cossio-Bolaños M, Vidal-Espinoza R, Lagos-Luciano J, Gómez-Campos R. Perfil antropométrico en función del estado nutricional de niños con discapacidad intelectual. *Rev Chil Pediatr*. Enero-febrero 2015;86(1):18-24. doi: 10.1016/j.rchipe.2015.04.004. PMID: 26223393.
2. Frenzel A, Binder H, Walter N, Wirkner K, Loeffler M, Loeffler-Wirth H. The aging human body shape. *NPJ Aging Mech Dis*. 24 de marzo de 2020; 6:5. doi: 10.1038/s41514-020-0043-9.
3. Ashwell M, Gibson S. Waist-to-height ratio as an indicator of 'early health risk': simpler and more predictive than using a 'matrix' based on BMI and waist circumference. *BMJ Open*. 14 de marzo de 2016;6(3): e010159. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010159.
4. Wang H, Liu A, Zhao T, Gong X, Pang T, Zhou Y, et al. Comparison of anthropometric indices for predicting the risk of metabolic syndrome and its components in Chinese adults: a prospective, longitudinal study. *BMJ Open*. 18 de septiembre de 2017;7(9): e016062. doi: 10.1136/bmjopen-2017-016062.
5. Lo K, Huang YQ, Shen G, Huang JY, Liu L, Yu YL, et al. Effects of waist to height ratio, waist circumference, body mass index on the risk of chronic diseases, all-cause, cardiovascular and cancer mortality. *Postgrad Med J*. 5 de mayo 2021;97(1147):306-11. doi: 10.1136/postgradmedj-2020-137542.
6. Gómez-Campos R, Vidal-Espinoza R, Castelli Correia de Campos LF, Sulla-Torres J, Cossio-Bolaños W, de Arruda M, et al. Comparison of anthropometric indicators as predictors of the percentage of fat mass in young people and older adults in Chile. *Endocrinol Diabetes Nutr (Engl Ed)*. Enero de 2022;69(1):25-33. doi: 10.1016/j.endien.2022.01.002
7. Guede-Rojas F, Jerez-Mayorga D, Ulloa-Díaz D, Soto-Martínez A, Ramírez-Campillo R, Barboza-González P, Angarita-Dávila L. Relationship between anthropometric nutritional status and functional capacity in older adults living in the community. *Rev Med Chil*. Enero de 2020;148(1):69-77. doi:10.4067/S0034-9887202000100069.
8. Razak S, Justine M, Mohan V. Relationship between anthropometric characteristics and aerobic fitness among Malaysian men and women. *J Exerc Rehabil*. 23 de febrero de 2021;17(1):52-58. doi: 10.12965/jer.2142026.013.
9. Urra-Albornoz C, Vidal R, Gomez-Campos R, Alvear-Vasquez F, Marques de Moraes A, Lazari E, Urzua-Alul L, et al. Relación entre aptitud aeróbica con indicadores de adiposidad corporal en adolescentes de ambos sexos: Aptitud aeróbica con indicadores de adiposidad corporal en adolescentes. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 1 de mayo de 2021;41(2): 20-7. doi: 10.12873/412urra.
10. Zadarko-Domaradzka M, Sobolewski M, Zadarko E. Comparison of Several Anthropometric Indices Related to Body Fat in Predicting Cardiorespiratory Fitness in School-Aged Children-A Single-Center

- Cross-Sectional Study. *J Clin Med*. 27 de septiembre de 2023; 12(19):6226. doi: 10.3390/jcm12196226.
11. Kaczorowska A, Fortuna M, Katan A, Kaczorowska A, Ignasiak Z. Functional Physical Fitness and Anthropometric Characteristics of Older Women Living in Different Environments in Southwest Poland. *Ageing Int*. 30 de diciembre 2021; 48:367–83. doi:10.1007/s12126-021-09475-1
 12. Milanović Z, Pantelić S, Trajković N, Sporiš G, Kostić R, James N. Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging*. 21 de mayo de 2013; 8:549-56. doi: 10.2147/CIA.S44112.
 13. Cossio-Bolaños M, Vidal-Espinoza R, Caceres-Bahamondes J, de Campos LFCC, Urzua-Alul L, de Lázari MSR, Luarte-Rocha C, Gomez-Campos R. Translation, validity and reliability of the fall risk scale for older adults. *BMC Geriatrics*. 24 de agosto de 2024; 24(1):708. doi: 10.1186/s12877-024-05292-8.
 14. Cossio-Bolaños M, Vidal-Espinoza R, Castelli Correia de Campos LF, Sulla-Torres J, Urrea-Albornoz C, Alvear-Vasquez F, et al. Normative values to assess functional fitness in older adults in a region of Chile. *Front Aging*. 17 de junio de 2025; 6:1554783. doi: 10.3389/fragi.2025.1554783
 15. Ross WD, Marfell-Jones, MJ. Kinanthropometry. In J. D. MacDougall, H. A. Wenger, & H. J. Geeny (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athlete*. Human Kinetics. 1991: 223-314
 16. Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111–7. doi: 10.1164/ajrcm.166.1.at1102
 17. Peterson CM, Su H, Thomas DM, Heo M, Golnabi AH, Pietrobelli A, Heymsfield SB. Tri-Ponderal Mass Index vs Body Mass Index in Estimating Body Fat During Adolescence. *JAMA Pediatr*. 1 de julio de 2017;171(7):629-36. doi: 10.1001/jamapediatrics.2017.0460
 18. Wang X, Ma J, Huang S, Dong B, Dong Y, Yang Z, et al. Use of Tri-Ponderal Mass Index in Predicting Late Adolescent Overweight and Obesity in Children Aged 7-18. *Front Nutr*. 21 de marzo de 2022; 9:785863. doi: 10.3389/fnut.2022.785863
 19. Cossio-Bolaños M, Vidal-Espinoza R, Albornoz CU, Fuentes-Lopez J, Sánchez-Macedo L, Andruske CL, et al. Relationship between the body mass index and the ponderal index with physical fitness in adolescent students. *BMC Pediatr*. 27 de abril de 2022;22(1):231. doi: 10.1186/s12887-022-03296-0
 20. Hu J, Zhong Y, Ge W, Lv H, Ding Z, Han D, et al. Comparisons of tri-ponderal mass index and body mass index in discriminating hypertension at three separate visits in adolescents: A retrospective cohort study. *Front Nutr*. 17 de octubre de 2022; 9:1028861. doi: 10.3389/fnut.2022.1028861
 21. Cossio-Bolaños M, Vidal Espinoza R, Sulla Torres J, Gatica Mandiola P, Castelli Correia de Campos LF, Cossio Bolaños W, Urrea Albornoz C, Gómez Campos R. Índice de masa corporal versus Índice ponderal para evaluar el estado nutricional de adolescentes de altitud moderada del Perú. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2 de noviembre de 2020;40(3): 92-8. doi: 10.12873/403gomez
 22. Gómez-Campos R, Vidal-Espinoza R, Marques de Moraes A, Lázari E, Andruske CL, Castelli Correia de Campos L, Urzua-Alul L, et al. Comparison of Anthropometric Indicators That Assess Nutritional Status From Infancy to Old Age and Proposal of Percentiles for a Regional Sample of Chile. *Front Nutr*. 24 de diciembre de 2021; 8:657491. doi: 10.3389/fnut.2021.657491
 23. Moselakgomo VK, Van Staden M. Diagnostic accuracy of tri-ponderal mass index and body mass index in estimating overweight and obesity in South African children. *Afr J Prim Health Care Fam Med*. 14 de agosto de 2019;11(1): e1-e7. doi: 10.4102/phcfm.v11i1.1949
 24. Cossio-Bolaños M, Sáez Selaivee R, Luarte Rocha C, Andruske LC, Gómez Campos R. Capacidad funcional de adultos mayores según cambios estacionales. *Nutr. clín. diet. hosp*. 2017; 37(2):83-8 doi: 10.12873/372cossio
 25. Distefano G, Goodpaster BH. Effects of Exercise and Aging on Skeletal Muscle. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 1 de marzo de 2018;8(3): a029785. doi: 10.1101/cshperspect.a029785
 26. Bowden Davies KA, Pickles S, Sprung VS, Kemp GJ, Alam U, Moore DR, Tahrani AA, Cuthbertson DJ. Reduced physical activity in young and older adults: metabolic and musculoskeletal implications. *Ther Adv Endocrinol Metab*. 19 de noviembre de 2019; 10:2042018819888824. doi: 10.1177/2042018819888824
 27. Riviati N, Indra B. Relationship between muscle mass and muscle strength with physical performance in older adults: A systematic review. *SAGE Open Med*. 27 de noviembre de 2023; 11:1-13. doi: 10.1177/20503121231214650
 28. Jeong SM, Lee DH, Rezende LFM, Giovannucci EL. Different correlation of body mass index with body fatness and obesity-related biomarker according to age, sex and race-ethnicity. *Sci Rep*. 1 de marzo de 2023;13(1):3472. doi: 10.1038/s41598-023-30527-w
 29. Byker Shanks C, Bruening M, Yaroch AL. BMI or not to BMI? debating the value of body mass index as a measure of health in adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 25 de febrero de 2025;22(1):23. doi: 10.1186/s12966-025-01719-6
 30. Whitney DG, Miller F, Pohlig RT, Modlesky CM. BMI does not capture the high fat mass index and low fat-free mass index in children with cerebral palsy and proposed statistical models that improve this accuracy. *Int J Obes (Lond)*. Enero de 2019;43(1):82-90. doi: 10.1038/s41366-018-0183-1
 31. Bautista Rodríguez M, Guadarrama Guadarrama R, Veytia López M. Prevalencia de obesidad según los indicadores: porcentaje de grasa corporal, índice de masa corporal y circunferencia de cintura. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. Nov. 2020; 40:3. doi:10.12873/403bautista.

Vitamin D supplementation influences the serum lipid profile in the Jordanian population with vitamin D deficiency

Saad AL-FAWAEIR

Department of Medical Laboratory Sciences, Faculty of Pharmacy, Jadara University, Jordan.

Recibido: 13/junio/2025. Aceptado: 4/septiembre/2025.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the association between vitamin D supplementation and changes in lipid profile in a Jordanian population with vitamin D deficiency.

Methodology: A total of 95 participants, comprising 35 females aged 15-73 years, were recruited for this prospective investigation and administered vitamin D supplements. Blood specimens were examined for lipid profile characteristics and 25(OH)D3 amounts. Vitamin D supplementation protocol involved the weekly dosing of a single tablet containing 50,000 IU of cholecalciferol for the first four weeks, and bi-weekly medication for the final four weeks.

Findings: Before intervention, vitamin D, calcium, total cholesterol, high-density lipoprotein (HDL), decreased low-density lipoprotein (LDL), and triglyceride (TG), had no statistical difference between males and females ($p=0.231$, 0.111 , 0.331 , 0.821 , 0.271 , and 0.371 , respectively). A noteworthy decrease in serum total cholesterol levels (194 ± 22 mg/dL to 187 ± 19 mg/dL, $p<0.05$) was noted after vitamin D administration. Although there was a non-significant trend towards LDL cholesterol levels (107 ± 18 mg/dL to 98 ± 15 mg/dL), as well as TG levels (135 ± 26 mg/dL to 128 ± 17 mg/dL), these changes were not statistically significant. Conversely, there was a minor and insignificant rise in the levels of HDL cholesterol (55 ± 13 mg/dL to 57 ± 12 mg/dL). Post intervention, lipid profile parameters correlated positively with vitamin D ($r=0.77$ for total cholesterol, 0.84 for TG, 0.80 for HDL, and 0.29 for LDL) with a significant difference ($p<0.001$, <0.001 , <0.001 , and 0.004 , respectively).

Conclusion: Vitamin D may influence certain aspects of lipid metabolism, but broader conclusions regarding overall lipid profile improvement should be made cautiously.

Practical implications: Future studies should assess the long-term effects of vitamin D supplementation on lipid profile parameters.

KEYWORDS

Micronutrients, cardiovascular prevention, lipid metabolism, nutritional intervention.

INTRODUCTION

Vitamin D, or calciferol, is a fatty-soluble vitamin that is stored in several foods. It is made up of substances that are essential to the body's mineral balancing and to the healthy growth and strength of bones and teeth¹.

The body produces vitamin D internally through the skin and externally through food, which are the main supply of vitamin D in humans. The cholesterol metabolic mechanism is the main process of endogenous synthesis, which is activated by ultraviolet B (UVB) radiation and results in the conversion of 7-dehydrocholesterol into cholecalciferol (vitamin D3)². The human body obtains vitamin D from exogenous sources such as food and supplements. Egg yolk, fortified milk, and fatty fish are dietary natural sources of vitamin D which supply the body with absorbable vitamin D3 and ergocalciferol (vitamin D2)³. After being consumed or supplemented, vitamin D is quickly metabolised in the liver to produce 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D), the main form that circulates and acts as a precursor to the hormone that is actually produced. The physiologically active sort of vitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D (1,25(OH)2D), is then produced in the kidneys by a second hydroxylation process involving 25(OH)D. Parathyroid hormone (PTH) affects this conversion procedure, which is

Correspondencia:
Saad AL-Fawaeir
s.alfawaeir@jadara.edu.jo

characterised by a half-life of roughly three weeks for 25(OH)D and eight hours for 1,25(OH)2D. It also shows a substantially higher blood level (>100 times larger) than the active hormone⁴.

Upon the injection of loading dosages, vitamin D2 and vitamin D3 both had the same effectiveness in raising serum 25(OH)D concentrations. However, in the context of long-term supplementation, cholecalciferol (vitamin D3) is considered a more practical and convenient option due to its longer shelf life, improved stability, and reduced risk of degradation⁴. Serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D3 (25(OH)D3) are commonly measured to assess a person's vitamin D status, even though this molecule is an inactive precursor that needs more hydroxylation to become biologically active. This is due to the fact that 25(OH)D3 has a high degree of stability and a longer half-life, making it a reliable indicator of vitamin D concentrations⁵.

By aiding in the uptake of calcium from the gastrointestinal system and encouraging its upcoming integration into bone tissue, vitamin D is essential for maintaining phosphorus and calcium balance. Furthermore, vitamin D is necessary for the health of bones since it controls the mechanisms behind bone formation, maintenance, and enhancing, maintaining the normal amounts of phosphorus and calcium in the body⁶. Research has shown that vitamin D induces the production of antibodies by immune cells, thereby enhancing the overall immune response and boosting immune-mediated resistance. A comprehensive review of over 500 studies has consistently demonstrated vitamin D immune health regulating function, underscoring its significance in modulating immune function and promoting immune competence⁷. The favourable impacts of vitamin D on the body's skeletal system, particularly its capacity to preserve joint and muscle relaxation and its function in promoting the health of the breasts⁸, and prostate⁹, have been demonstrated by several research. Additionally, vitamin D has been demonstrated to have a good impact on psychological condition, most likely by modulating the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and regulating mood-related neurotransmitters¹⁰.

There are many different types of vitamin D supplementation, such as single-entity or multivitamin solutions, and some formulas incorporate vitamin D and calcium to meet particular dietary requirements¹¹. To cater to the diverse requirements of different patient populations, vitamin D-based products are offered in various formats, including capsules, tablets, liquids, and sublingual tablets. Particularly, since vitamin D3 is more effective at preserving the ideal amounts of vitamin D in the human body than vitamin D2, it is recommended for supplementation. Improved health indicators are made possible by the human body's more effective intake and digestive processes of vitamin D3¹².

The inconsistent reported results across various groups are one of the major gaps in the current evidence on the con-

nection between vitamin D prescription and alterations in lipid profiles. According to certain research, vitamin D may help with lipid digestion¹³. Others, however, have not discovered any meaningful connection¹⁴. Furthermore, Western populations have been the subject of the majority of earlier studies¹⁵, with little investigations been out in Middle Eastern nations, such as Jordan, where food and lifestyle choices are major causes of vitamin D insufficiency. Furthermore, little is known about how the consumption of vitamin D impacts various lipid components in persons with serious deficiencies, including HDL and LDL.

To fill in these discrepancies, a Jordanian group with a diagnosis of vitamin D deficiencies was included in the current prospective trial, which included a clearly defined regimen of vitamin D supplementation. To guarantee sufficient replacement of vitamin D levels in a brief amount of time, the investigation used a standardised high-dose supplemental strategy (50,000 IU weekly for the first four weeks, followed by bi-weekly delivery). The research sought to shed further light on the relationship between vitamin D and lipid absorption by comparing alterations to lipid profiles prior to and following administration. To increase the validity of the results, the research also took into account contributory factors including age, sex, BMI, and pre-existing metabolic disorders. Additionally, an extensive age spectrum of male and female volunteers were included in the research, which increased its representativeness of the entire population. Additionally, the strength of these connections was determined by doing a correlation study between vitamin D values and particular lipid markers, which offers a more thorough understanding of how vitamin D affects lipid digestion. In order to clarify any potential correlations between these factors, the current study set out to examine any possible associations that might exist between lipid profiles and serum vitamin D levels in a sample of Jordanian people.

The research questions guiding this study were as follows:

1. Does vitamin D supplementation significantly alter serum lipid profile parameters (total cholesterol, HDL, LDL, and triglycerides) in individuals with vitamin D deficiency?
2. Is there a statistically significant correlation between serum vitamin D levels and lipid profile parameters following supplementation?
3. Does vitamin D supplementation lead to sex-specific differences in lipid profile changes among Jordanian individuals?
4. How does high-dose vitamin D supplementation compare to previously reported lower-dose regimens in terms of lipid profile improvement?

The structure of this paper follows a systematic approach to presenting the research. The introduction outlines the significance of vitamin D in various physiological functions, par-

ticularly its role in lipid metabolism. It also highlights the gaps in existing literature and the rationale for conducting this study in a Jordanian population. The methodology section details the study design, participant recruitment, inclusion and exclusion criteria, data collection methods, and statistical analysis used to assess the impact of vitamin D supplementation on lipid profiles. The results section presents the demographic characteristics of the participants, baseline and post-supplementation biochemical parameters, and statistical analyses illustrating the changes in lipid profile and their correlation with vitamin D levels. In order to emphasise similarities and differences and investigate potential reasons behind the observed changes, the findings were compared with previous research in the discussion section. The study's practical ramifications are also discussed, along with suggestions for therapeutic practice and future lines of inquiry. The conclusion, which highlights the possible advantages of vitamin D administration in enhancing lipid profiles and identifies areas for additional research, wraps up the main outcomes.

LITERATURE REVIEW

A thorough analysis of the body of research is necessary to determine the degree and clinical significance of the association between vitamin D insufficiency and lipid control, given the prevalence of this condition worldwide. Adequate vitamin D quantities were linked to favourable lipid profiles in prospective and interventional trials, while insufficient vitamin D amounts were linked to unfavourable blood lipid trends¹⁶.

The implications of vitamin D level on blood lipids in Chinese people were examined in a retrospective study involving 1475 subjects. The incidence of dyslipidaemias (fewer HDL-C, increased TG, and increased atherogenic index of plasma (AIP)) was linked to decreased 25(OH)D levels in males, though higher TC and LDL-C were linked to higher 25(OH)D levels in females¹⁷.

Vitamin D status were discovered to be inversely correlated with TC, TG, and LDL cholesterol in a Polish cohort research¹⁶. By examining the levels of 25(OH)D and different lipid fractions in 20,000 people, a strong association between an atherogenic lipid composition and vitamin D insufficiency was discovered¹⁸. Additionally, vitamin D levels, supplementation, and their relationship to the lipid profile have been assessed in additional meta-analyses¹⁹⁻²¹. Vitamin D decreased TG levels and was linked to an increase in HDL cholesterol and, surprisingly, an increase in LDL cholesterol, according to a meta-analysis of eight randomised controlled trials (RCTs) investigating the impact of vitamin D intake on cholesterol levels¹⁹. The implications of vitamin D administration on TG, TC, LDL cholesterol, and HDL cholesterol were assessed in an expanded meta-analysis of 10 RCTs. The results showed that vitamin D administration raised HDL cholesterol values. However, the scientists discovered that vitamin D administration and TG, TC, and LDL cholesterol had a statistically noteworthy in-

verse relationship²¹. TG, TC, LDL, and HDL cholesterol levels were all considerably reduced and HDL cholesterol concentrations were raised in a far larger meta-analysis that assessed the combined effect of vitamin D administration on these levels in up to 81 RCTs²⁰.

TC, TG, and HDL-C are all improved by calcium and vitamin D co-supplementation, according to a systematic review and meta-analysis of thirteen trials²².

According to an umbrella examination and meta-analyses, a dose of vitamin D may be useful as a complementary treatment to control lipid profile levels, particularly in those who are vitamin D deficient²³.

Given the quantity of studies, the variety of interventions and results, and the methodological calibre of the research, these results should be considered cautiously. Thus, considering that vitamin D insufficiency is common around the world and that vitamin D is said to have positive effects on lipid profiles (Table 1).

MATERIAL AND METHODS

Study design

Prospective intervention study without a control group (pre-post), designed to evaluate changes in the lipid profile after vitamin D supplementation and its association with serum levels of 25(OH)D.

Study settings

The current study was conducted among participants attending the internal medicine clinics at Tohama Medical Center in Zarqa City, Jordan, from September 25, 2023, to August 22, 2024.

Study populations

The study comprised 95 individuals, including 35 women, aged 15–73 years, who received vitamin D supplementation. The wide age range was intentionally included to reflect the real-world prevalence of vitamin D deficiency across various age groups in the Jordanian population, thereby enhancing the generalizability of the findings, and determined by statistical criteria according to a formula. The sample size calculation utilized a two-sided test where the β value is 0.2 and the α value is 0.05.

Inclusion Criteria

The research included patients who were undergoing vitamin D supplementation as part of their regimen. Respondents were chosen from among nonsmoking individuals who sought care at Tohama Medical Center's internal medicine clinics in Zarqa City, Jordan.

Table 1.

Reference	Setting	Study design	Population	Aim	Findings
(24)	UK	A systematic review literature	19 RCTs	To clarify the contradiction between the encouraging results of observational investigations and the depressing outcomes of interventional trials.	Healthy individuals are prone to spend more time outside and adopt healthier dietary habits, therefore elevated serum vitamin D levels could not be an indicator of good health but rather its result.
(19)	UK	A meta-analysis	9 RCTs	Investigating how vitamin D administration affects the lipid balance.	Vitamin D decreased TG levels and was linked to higher HDL and, surprisingly, lower LDL cholesterol amounts.
(18)	USA	Retrospective study	20,000 participants	Measuring the concentrations of different lipid components and 25(OH)D.	Vitamin D insufficiency and an atherogenic lipid inventory are significantly correlated.
(16)	Poland	Cohort study	637 patients	To evaluate how 25(OH)D affects the composition of lipids and the degree of coronary atherosclerosis.	A negative correlation between TC, TG, and LDL cholesterol and vitamin D amounts.
(17).	Chinese	Retrospective study	1475 participants	To look into how Chinese people's serum lipid levels are affected by their vitamin D status.	Male's reduced 25(OH)D levels were linked to dyslipidaemias (lower HDL-C, raised TG, and increased AIP), while female's increased TC and LDL-C were linked to elevated 25(OH)D values.
(20)	Canada	A meta-analysis	81 RCTs,	Assessing how vitamin D supplements affect TG, TC, LDL cholesterol, and HDL cholesterol collectively	Vitamin D dramatically raised HDL cholesterol amounts while lowering TG, TC, and LDL cholesterol values.
(21)	Iran	A meta-analysis	10 RCTs	Assessing how vitamin D administration affects TG, TC, LDL, and HDL cholesterol.	TG, TC, and LDL cholesterol have a substantially negative relationship with vitamin D intake.
(22)	Iran	A systematic review and meta-analysis	Thirteen studies	Although co-supplementing calcium and vitamin D is popular and often utilised, RCTs have produced conflicting findings on its effect on the blood lipid profile.	Co-supplementing with calcium and vitamin D improves TC, TG, and HDL-C.
(23).	Iran	An Umbrella Review of Meta-Analyses	25 meta-analyses	To look into how vitamin D administration affects the lipid profile's elements: TG, TC, HDL, and LDL cholesterol.	Supplementing with vitamin D may be a useful adjuvant treatment for controlling lipid profile levels, particularly in those who are vitamin D deficient.
The current study	Jordan	Prospective investigation	95 participants	To examine whether lipid profiles and amounts of vitamin D in a Jordanian population, to examine the associations between these biochemical parameters and identify any significant relationships.	Vitamin D supplementation has a significant effect on lipid profile improvement

Exclusion Criteria

Participants who currently smoked or showed a history of smoking were excluded from the study. Furthermore, the research excluded people with any medical conditions that would have impacted the study's results, including hypertension, diabetes, cardiovascular illness, or kidney or liver disease. Additionally, participants in the current study were not permitted to register during pregnancy or breastfeeding, had just undergone bariatric surgery, or had lost a significant amount of weight (>10% of their body weight) in the previous six months.

Data collection

Each participant provided written and informed consent to participate in the study following a five-minute interview. The study collected information on medical and laboratory testing, in addition to demographic characteristics like age, sex, and BMI. Specifically, the following parameters were assessed: vitamin D, calcium, total cholesterol, HDL, LDL, TG levels, and changes in vitamin D serum levels after treatment.

Laboratory Measurements

An automated analyser, the Cobas e411 (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany), was used for all laboratory testing, which is a validated and reliable instrument for measuring lipid profile parameters and 25-hydroxyvitamin D3 (25(OH)D3) levels. Following a 14-hour fast, blood specimens were taken, and they were centrifuged at 4000 g for 10 minutes after having been permitted to clot at room temperature for ten to fifteen minutes. Following that, the samples were examined right away for 25(OH)D3 amounts and lipid profile characteristics. All laboratory tests were performed at Teryaq Alrohh Medical Laboratory in Zarqa, Jordan.

Follow-up Measurements

After a 90-day period, the same laboratory tests were repeated to evaluate the impact of taking supplements of vitamin D.

Definitions

The normal reference ranges for the lipid profile parameters assessed in this study were as follows: 150–200 mg/dL for total cholesterol, 50–200 mg/dL for TGs, 35–65 mg/dL for HDL, and 50–150 mg/dL for LDL.

As per the criteria set forth by the National Cholesterol Education Program and the National Lipid Foundation²⁵, The following lipid profile parameters should be at optimal levels: LDL < 100 mg/dL, with a value between 100 and 129 mg/dL regarded above optimal; total cholesterol < 200 mg/dL; total cholesterol TGs < 150 mg/dL; HDL > 40 mg/dL for females and > 50 mg/dL for males.

Intervention

In the current study, patients were employed a regimen of oral cholecalciferol supplementation to achieve a satisfactory serum level of 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D). A weekly dose of 50,000 IU was utilised for the first four weeks, followed by bi-weekly administration of a single tablet. Serum 25(OH)D concentrations increased as a statistically significant consequence of this regimen, exceeding 20 ng/mL in all participants. Interestingly, the treatment successfully raised 25(OH)D levels beyond this threshold, even though about 45% of the trial participants had severe vitamin D deficiency (serum levels of 25(OH)D < 10 ng/mL prior to supplementation).

Ethical approval

The subjects underwent all procedures in accordance with the research committee of the institution's ethical guidelines of jadra University (Approval number: PHAR -02/11/2020).

Statistical analysis

The study's findings were displayed as means $\pm$ standard deviations (SDs). Statistical analyses were conducted using SPSS for Windows 20.0 (SPSS Inc. Headquarters, Chicago, Illinois, USA) and Microsoft Excel 2010. In determining the degree of significance, a conventional threshold of $P < 0.05$ was employed, indicating that any observed differences or associations were deemed statistically significant.

Paired sample t-tests were the main statistical method used for comparing the lipid profile metrics prior to and following vitamin D administration. This test was selected because it is useful for assessing the impact of vitamin D supplementation on lipid absorption since it can potentially used to analyse continuous data from the same subjects at two different times. Significant correlations between these biochemical indicators were also found by using the Pearson correlation approach to investigate the links between serum vitamin D amounts and lipid characteristics. The assumptions of normality were verified before applying parametric tests.

This work fills a gap in earlier research that lacked standardised dose or follow-up lengths by introducing a regulated supplementing protocol and follow-up term (90 days), which strengthens the proof of vitamin D's possible impact on lipid metabolism in the Jordanian population.

RESULTS

Demographic characteristics among the studied participants

95 patients attending the internal medicine clinics at Tohama Medical Center in Zarqa City in Jordan from September 25, 2020, to August 22, 2021, were included in this study and screened for serum lipid profile and 25(OH)D3 levels. Among those patients, 35 (36.85%) were women. The

age of patients ranged from 15 to 73 years with a mean age of 42.17 ± 12.25 years. The mean BMI among participants was 24.43 ± 2.82 kg/m² (Table I).

Table I. Features of the demographics of the studied patients (n=95)

Variable	Parameter	N=95
Age	Mean $\pm$ SD	42.17 ± 12.25
	IQR (min-max)	42 (15-73)
Sex	Male	60 (63.15%)
	Female	35 (36.85%)
BMI (kg/m ²)	Mean $\pm$ SD	24.43 ± 2.82
	IQR (min-max)	25 (18-31)

IQR: interquartile range, BMI: body mass index, max: maximum, min: minimum, SD: standard deviation. Data presented as means and standard deviations, numbers, and frequencies. P-value: is the value of significance among parameters. P is considered significant if it recorded <0.05 .

Table II presents the frequency of vitamin D insufficiency among participants before intervention, stratified by sex. The results show that no significant differences were found between sexes in any of the parameters analyzed ($p>0.05$).

Table III shows the laboratory data before intervention among males and females. It was found that no significant differences were found between sexes in any of the parameters analyzed ($p>0.05$). No significant changes were observed in HDL, LDL, or TG ($p>0.05$).

When cholesterol levels were compared at pre and post-treatment, a noteworthy drop in total cholesterol levels (194 ± 22 vs. 187 ± 19 mg/dL, respectively, $p<0.05$), a non-significant decrease in LDL (107 ± 18 vs. 98 ± 15 mg/dL respectively) and TG concentration levels (135 ± 26 vs. 128 ± 17 mg/dL respectively), and slight non-significant increase in HDL levels (55 ± 13 vs. 57 ± 12 mg/dL respectively) were observed as presented in Table IV.

Association between vitamin D and lipid metabolism post-intervention among the studied patients

Table V and figure 1 show the correlation between vitamin D and lipid profile parameters among participants. It

Table II. Vitamin D deficiency according to sex among participants before intervention

Variable	Parameter	Males N=63	Females N=32	Total N=95	p-value
25(OH)DR3R levels	Deficient (<20 ng/mL)	40 (63.50%)	25 (78.12%)	65 (68.40%)	0.541
	Insufficient (20–30 ng/mL)	15 (23.80%)	1 (3.12%)	16 (16.80%)	0.031
	Sufficient (>30 ng/mL)	8 (12.70%)	6 (18.75%)	14 (14.70%)	0.151

Data presented as numbers and frequencies. P-value: is the value of significance among males and females' groups. P is considered significant if it recorded <0.05 .

Table III. Laboratory data before intervention

Parameters	Patients	Males	Females	p-value
Vitamin D (mg/dL)	11.76 ± 2.90	12.78 ± 9.43	10.38 ± 9.57	0.231
Calcium (mg/dL)	9.30 ± 0.60	9.31 ± 0.19	9.23 ± 0.25	0.111
Total cholesterol (mg/dL)	194 ± 22	195.68 ± 5.82	194.43 ± 6.45	0.331
HDL (mg/dL)	55 ± 13	55.20 ± 2.29	55.09 ± 2.65	0.821
LDL (mg/dL)	107 ± 18	109.18 ± 24.38	104.57 ± 6.19	0.271
TG (mg/dL)	135 ± 26	135.43 ± 5.23	136.43 ± 5.24	0.371

Data demonstrated as means and standard deviations. The normal reference ranges for the measured parameters are as follows: Vitamin D: 20–40 mg/dL; Calcium: 8.5–10.5 mg/dL; Total cholesterol: 150–200 mg/dL; High-density lipoprotein (HDL): 35–65 mg/dL; Low-density lipoprotein (LDL): 50–150 mg/dL; and Triglycerides (TG): 50–200 mg/dL.

Table IV. Changes in laboratory data levels pre- and post-treatment parameters

Parameters	Pre-intervention	Post-intervention	p-value
Vitamin D (mg/dL)	11.76±2.90	48.70±9.30	0.038
Calcium (mg/dL)	9.30±0.60	9.50±0.70	
Total cholesterol (mg/dL)	194±22	187±19	
HDL (mg/dL)	55±13	57±12	
LDL (mg/dL)	107±18	98±15	
TG (mg/dL)	135±26	128±17	

HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; SD: standard deviation; TG: Triglycerides. Data demonstrated as means and standard deviations.

was found that total cholesterol (Figure 1), TG (Figure 2), HDL (Figure 3), and LDL (Figure 4) levels correlated positively with vitamin D post intervention ($r=0.77$, 0.84 , 0.81 , and 0.29 , respectively) with a significant difference ($p<0.001$, <0.001 , <0.001 , and $=0.004$, respectively).

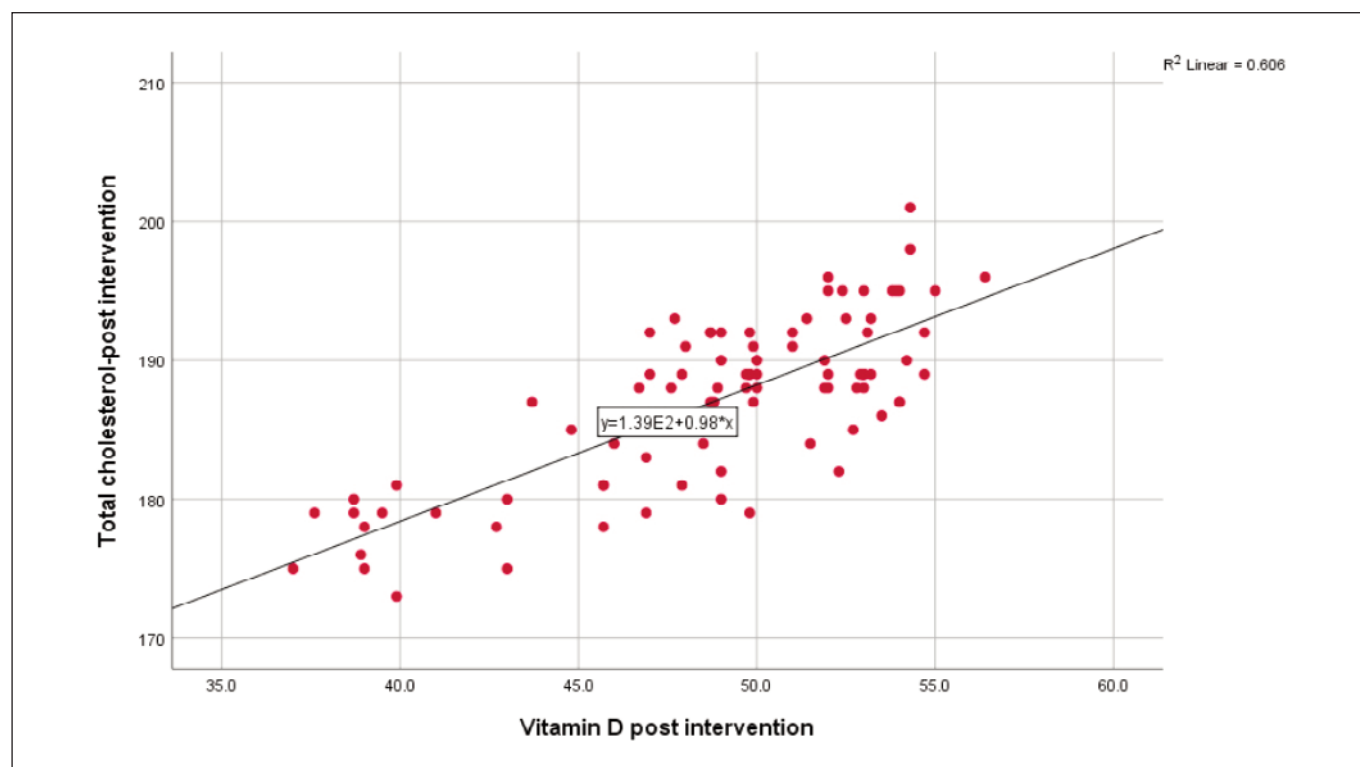
DISCUSSION

As a fat-soluble vitamin, vitamin D functions both as a hormone and a nutrition. Its major purpose is to make it easier for calcium and phosphorus to be absorbed and retained, which is essential for bone formation and rehabilitation. Moreover, an abundance of research

Table V. Correlation between vitamin D and lipid profile markers post-intervention among the studied patients

Variable	Parameter	Ca	Total cholesterol	TG	HDL	LDL
Vitamin D	r-value	0.00	0.77**	0.84**	0.80**	0.29**
	p-value	0.991	<0.001	<0.001	<0.001	0.004

**, Significant correlation at <0.01 . HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; TG: Triglycerides.

**Figure 1.** Correlation between vitamin D and Total cholesterol metabolism post-intervention among the studied patients

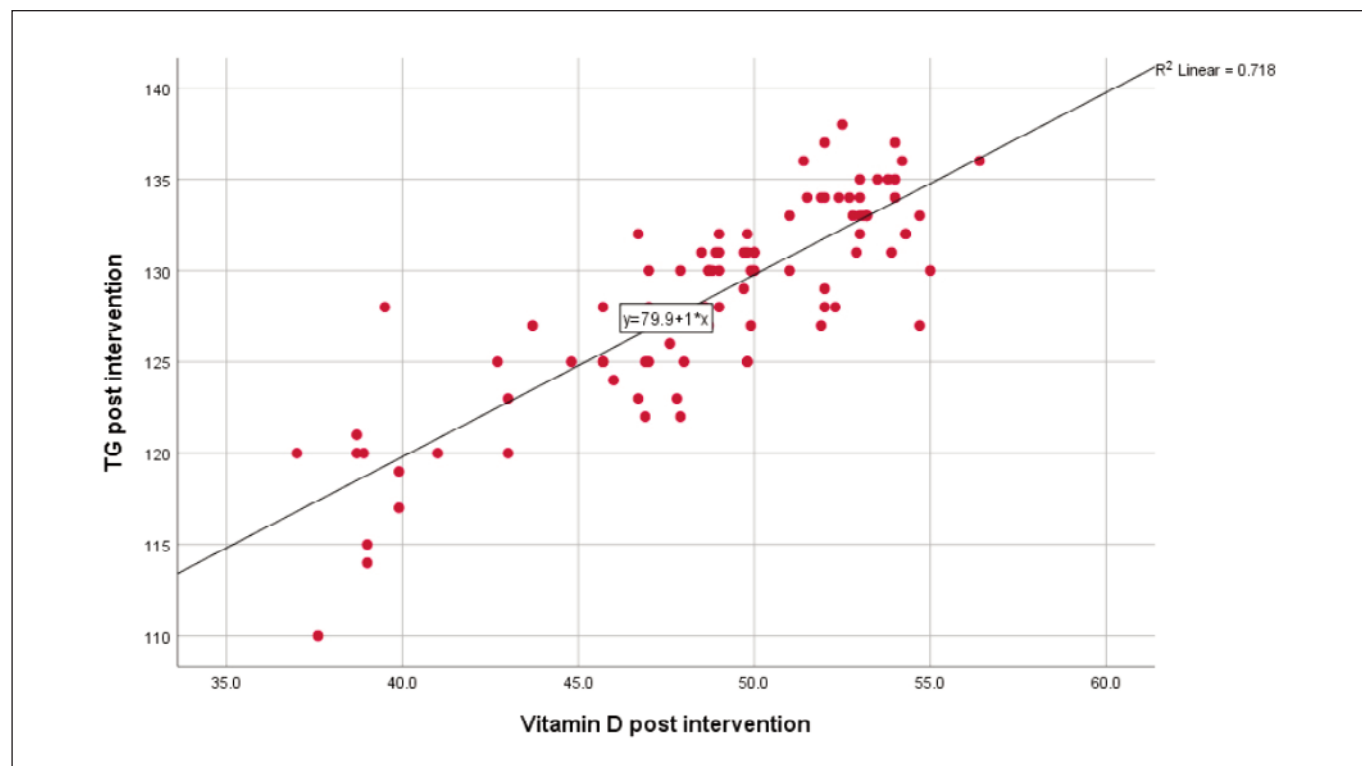


Figure 2. Correlation between vitamin D and TG metabolism post-intervention among the studied patients

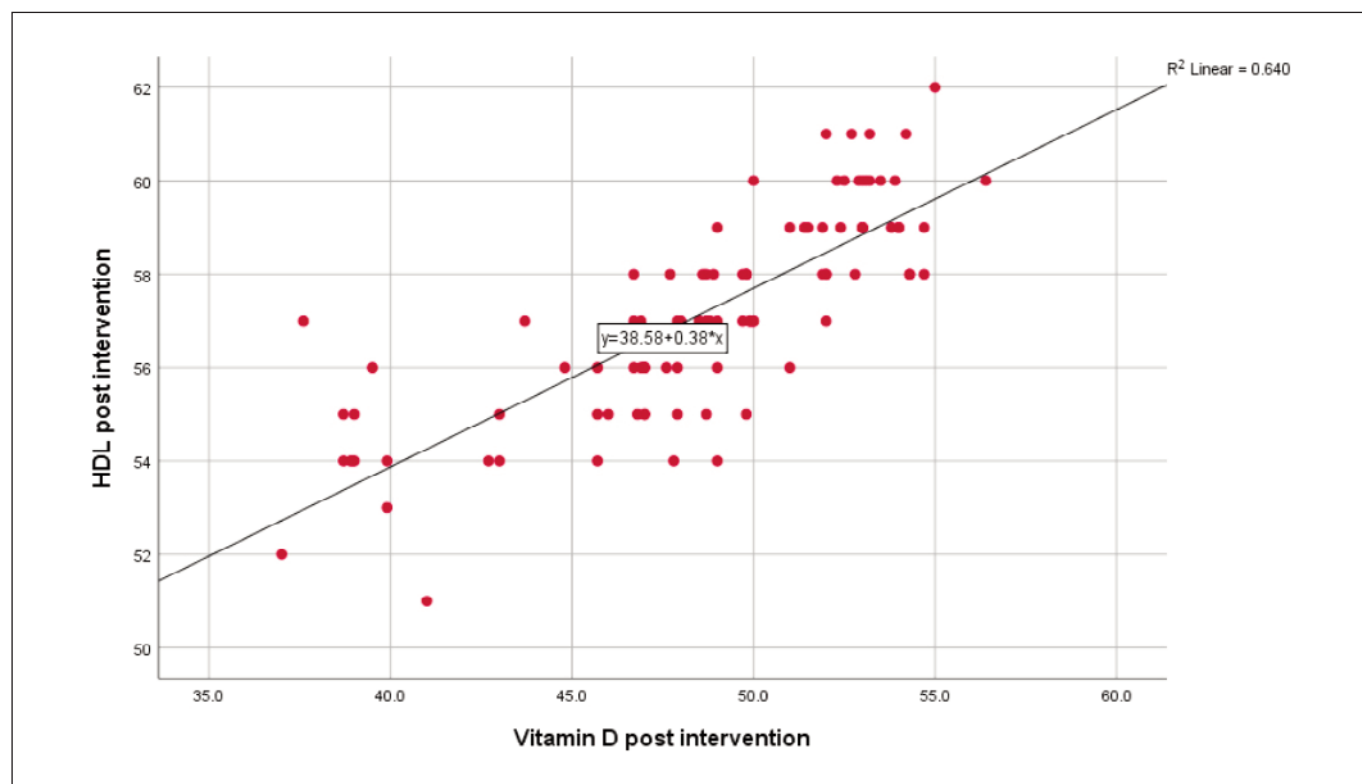


Figure 3. Correlation between vitamin D and HDL metabolism post-intervention among the studied patients

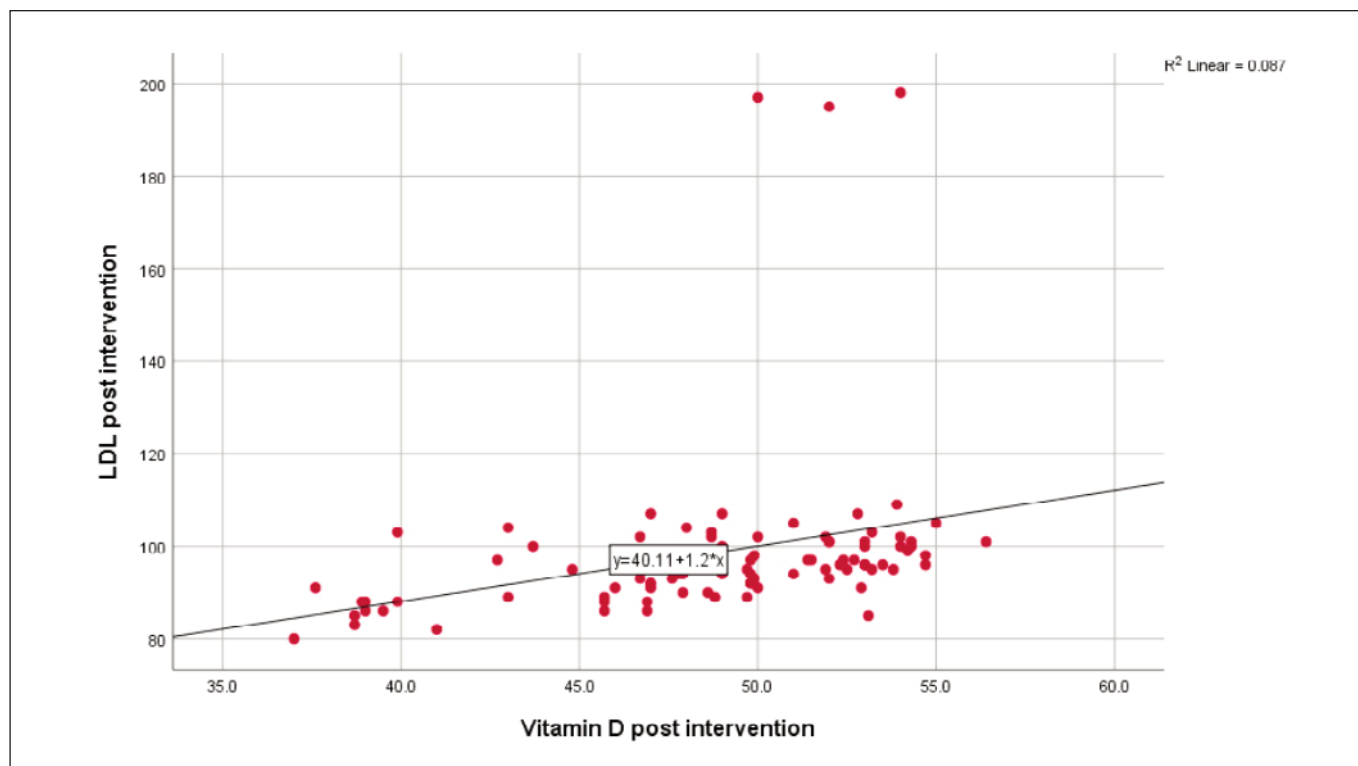


Figure 4. Correlation between vitamin D and LDL metabolism post-intervention among the studied patients

has indicated that vitamin D exhibits supplementary biological functions, like preventing the formation of malignant cells, regulating immunological responses, and diminishing inflammation. Researchers have demonstrated that vitamin D could be important for more than just bone metabolism because it has receptors in a variety of tissues and organs²⁶.

Because 25(OH)D is stable in the blood, measuring it can precisely represent serum vitamin D amounts and offer a thorough evaluation of vitamin D status. A number of strategies can be used to raise serum 25(OH)D levels to an appropriate level¹⁷. Once 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D), the precursor form of vitamin D, is converted by a number of enzyme processes into 1,25-dihydroxyvitamin D, the physiologically active component of the pigment. But because of its longer half-life, 25(OH)D is the main form of vitamin D that is in circulation and provides a sensitive and accurate measure of serum vitamin D levels and status¹⁷. All subjects in the current study had significantly elevated blood 25(OH)D levels above 20 ng/mL as a result of receiving 50,000 IU of oral cholecalciferol once a week.

Increased calcium levels have been demonstrated to have effects beyond those previously mentioned, such as, promoting the transformation of cholesterol into bile acids²⁷. In addition, the release of parathyroid hormone (PTH) may not be inhibited by vitamin D. It has been discovered that elevated PTH levels promote lipogenesis, which increases calcium in-

put into adipocytes. On the other hand, elevated PTH levels are linked to a reduction in lipolytic activity, which raises TG values. Consequently, with relation to increased amounts of vitamin D, it is hypothesised that decreased PTH levels could lead to decreased TG levels by boosting lipolytic activity and peripheral elimination. Elevated PTH levels have also been connected to a rise in bone turnover and the subsequent release of calcium from the bone. It has been demonstrated that vitamin D influences lipoprotein metabolism, resulting in lowered hepatic TG production and secretion and elevated expression of the very low-density lipoprotein (VLDL-C) receptors. Thus, it has been discovered that elevated vitamin D levels raise HDL-C levels while lowering TG and VLDL-C values²⁸.

There is a clear and substantial association between the roles of vitamin D and amounts of lipid level²⁹. Vitamin D is essential for controlling the metabolising process of calcium, which reduces the uptake of intestinal fatty acids and raises intestinal calcium levels. This decrease in the uptake of fat can then lead to a fall in cholesterol concentrations. Moreover, it has been demonstrated that elevated calcium concentrations promote the liver's conversion of cholesterol into bile acids, which in turn lowers cholesterol concentrations³⁰.

The results of the current study showed a slightly higher level of HDL cholesterol and a significantly lower level in total cholesterol, along with an insignificant reduction in LDL cholesterol and TG concentrations. While some of these results

are in line with earlier research, there are clear variations in other lipid profile-related metrics²⁹.

A meta-analysis of 41 RCTs totalling 3434 respondents were incorporated into the research; 1699 of the subjects received vitamin D supplements, whereas 1735 people received a placebo. In contrast to HDL cholesterol, which showed no discernible change, the meta-analysis showed that vitamin D administration considerably reduced serum levels of total cholesterol, LDL cholesterol, and TG. According to the results, vitamin D administration could be an advantageous supplemental therapy for individuals who have vitamin D deficiency and higher lipid metabolism level, both of which raise the chance of developing heart disease³¹.

In contrast to the current findings, a thorough meta-analysis of 21 RCTs with a total of 80,000 individuals discovered no connection between vitamin D administration and significant cardiovascular incidents, which disagreed with the current findings³².

Because of the variety of experimental approaches used in previous investigations, the effects of vitamin D on lipid profiles have not been conclusively shown. A statistically significant correlation was seen between alterations to lipid levels and the treatment of 2,000 IU of vitamin D3 daily for 18 months in 92 patients who had a mean blood amounts of 25(OH)D of 13 ng/mL. In particular, there was no change in the concentrations of TG or HDL cholesterol, although there was a drop in the amounts of total and LDL cholesterol. Additionally, after 18 months of therapy, the injection of vitamin D3 increased blood levels of 25(OH)D by a mean of 8 ng/mL⁵.

Vitamin D administration showed a good correlation with lipid profile measures in the current investigation. Additionally, vitamin D has been shown to promote the liver's conversion of cholesterol into bile acids, which may possibly have an effect on cholesterol concentrations. To clarify the underlying biology, further investigation is required to ascertain the particular processes driving these effects³³. Vitamin D has a complex interaction with lipid metabolism since it affects how calcium is absorbed and decreases the uptake of intestinal fatty acids, which in turn affects cholesterol levels indirectly³⁴.

In contrast to the current study, the findings of a meta-analysis evaluating the impact of vitamin D supplements on blood lipid management revealed that vitamin D therapy significantly decreased TG in comparison to control or placebo therapy ($P < 0.001$)³⁵.

Strength

There are advantages and disadvantages to the current investigation. The study's prospective design, which permits the investigation of vitamin D administration's effects on lipid parameters measures, is one of its most noteworthy strengths.

Additionally, the study's large sample size, comprising both male and female participants, enhances the generalizability of the results. Furthermore, the utilization of a standardized protocol for vitamin D supplementation ensures consistency in the treatment.

Limitations

However, the study also exhibits several limitations. The study was notably limited in its relevance to different groups by the fact that it was only carried out in one centre. Furthermore, the effects of vitamin D supplementation over time on lipid profile measures were not examined in this investigation. Furthermore, the potential interactions between vitamin D supplementation and other medications or health conditions were not assessed.

CONCLUSIONS

Our research showed that vitamin D therapy led to a considerable drop in total cholesterol amounts and insignificant alteration in the amounts of TG and LDL, while HDL levels exhibited a slight increase, suggesting a beneficial effect on cardiovascular disease. The concept that high serum vitamin D levels could be an effect of healthy living rather than its cause, as healthy people may participate in outdoor activities and adopt better food habits, can be used to explain the conflicting findings between the encouraging and depressing results. Vitamin D may influence certain aspects of lipid metabolism, but broader conclusions regarding overall lipid profile improvement should be made cautiously. Current intervention studies could clarify the possible advantages of vitamin D administration and pinpoint the demographic most likely to gain from this treatment.

Implications

- Given the high prevalence of vitamin D deficiency in the Jordanian population, integrating vitamin D supplementation into public health policies may contribute to better cardiovascular health outcomes.
- The study reinforces the importance of adequate sun exposure, dietary intake, and supplementation to maintain optimal vitamin D levels, potentially reducing the burden of cardiovascular diseases associated with dyslipidemia.
- Awareness campaigns targeting healthcare providers and the general population about the broader metabolic benefits of vitamin D supplementation could encourage preventive measures against lipid abnormalities.

Future researches

1. Future studies should evaluate the influence of vitamin D administration over a prolonged period on lipid profile parameters.

2. Future studies should include a diverse group of participants, including patients with different health conditions and medications.
3. Future studies should investigate the optimal dosage and the period of vitamin D administration for improving lipid profile parameters.
4. To determine how vitamin D supplementation affects the prognosis of cardiovascular disease in individuals with vitamin D insufficiency, more research is required.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to extend my sincere thanks to the University of Jadara for addressing all parties to facilitate the researcher's task. Also I would like to extend our gratitude to all technical and administrative personnel who contributed to the work included in this text

REFERENCES

1. Risteli J, Winter W, Kleerekoper M, Risteli L. Disorders of bone and mineral metabolism. Tietz Fundamentals of Clinical and Molecular Diagnostics 7th ed Bruns: Saunders. 2015:741-68. DOI: 10.1016/B978-0-7020-4087-0.00058-9.
2. Guo J, Lovegrove JA, Givens DI. 25 (OH) D₃-enriched or fortified foods are more efficient at tackling inadequate vitamin D status than vitamin D₃. Proceedings of the Nutrition Society. 2018; 77(3):282-91. Doi:10.1017/S0029665117004062.
3. Gorman L, Boosalis M. Nutritional assessment. Clinical chemistry: Techniques, Principles Correlations 6th ed Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2010:651-72.
4. Oliveri B, Mastaglia SR, Brito GM, Seijo M, Keller GA, Somoza J, et al. Vitamin D₃ seems more appropriate than D₂ to sustain adequate levels of 25OHD: a pharmacokinetic approach. European journal of clinical nutrition. 2015;69(6):697-702. DOI: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.16>
5. Jorde R. The role of vitamin D binding protein, total and free 25-hydroxyvitamin D in diabetes. Frontiers in endocrinology. 2019; 10:79. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00079>.
6. Silva MC, Furlanetto TW. Intestinal absorption of vitamin D: a systematic review. Nutrition reviews. 2018;76(1):60-76. DOI: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux034>.
7. Chirumbolo S, Bjørklund G, Sboarina A, Vella A. The role of vitamin D in the immune system as a pro-survival molecule. Clinical therapeutics. 2017;39(5):894-916. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2017.03.021>.
8. Narvaez CJ, Matthews D, LaPorta E, Simmons KM, Beaudin S, Welsh J. The impact of vitamin D in breast cancer: genomics, pathways, metabolism. Frontiers in physiology. 2014;5:213. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00213>.
9. Stroomberg HV, Vojdeman FJ, Madsen CM, Helgstrand JT, Schwarz P, Heegaard A-M, et al. Vitamin D levels and the risk of prostate cancer and prostate cancer mortality. Acta Oncologica. 2021;60(3):316-22. DOI: <https://doi.org/10.1080/0284186X.2020.1837391>.
10. Jakubowska P, Balcerczyk-Lis M, Fortuna M, Janiak A, Kopa-czyńska A, Skwira S, et al. Influence of Metabolic Dysregulation in the Management of Depressive Disorder—Narrative Review. Nutrients. 2024;16(11):1665. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16111665>.
11. Ramasamy I. Vitamin D metabolism and guidelines for vitamin D supplementation. The Clinical Biochemist Reviews. 2020;41(3): 103. doi: 10.33176/AACB-20-00006.
12. Marques CDL, Dantas AT, Fragoso TS, Duarte ÂLB. The importance of vitamin D levels in autoimmune diseases. Revista brasileira de reumatologia. 2010;50:67-80. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0482-50042010000100007>.
13. Surdu AM, Pînzariu O, Ciobanu D-M, Negru A-G, Căinap S-S, Lazea C, et al. Vitamin D and its role in the lipid metabolism and the development of atherosclerosis. Biomedicine. 2021;9(2): 172. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicine9020172>.
14. Gholamzad A, Khakpour N, Kabipour T, Gholamzad M. Association between serum vitamin D levels and lipid profiles: a cross-sectional analysis. Scientific reports. 2023;13(1):21058. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47872-5>.
15. Guan C, Fu S, Zhen D, Li X, Niu J, Cheng J, et al. Correlation of serum vitamin D with lipid profiles in middle-aged and elderly Chinese individuals. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 2020;29(4):839-45. DOI: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.647085844481222>.
16. Dziedzic EA, Przychodzeń S, Dąbrowski M. The effects of vitamin D on severity of coronary artery atherosclerosis and lipid profile of cardiac patients. Archives of medical science. 2016;12(6): 1199-206. DOI: 10.5114/aoms.2016.60640.
17. Wang Y, Si S, Liu J, Wang Z, Jia H, Feng K, et al. The associations of serum lipids with vitamin D status. PLoS One. 2016;11(10): e0165157. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165157>.
18. Lupton JR, Faridi KF, Martin SS, Sharma S, Kulkarni K, Jones SR, Michos ED. Deficient serum 25-hydroxyvitamin D is associated with an atherogenic lipid profile: The Very Large Database of Lipids (VLDL-3) study. Journal of clinical lipidology. 2016; 10(1):72-81. e1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2015.09.006>.
19. Manousopoulou A, Al-Daghri NM, Garbis SD, Chrousos GP. Vitamin D and cardiovascular risk among adults with obesity: a systematic review and meta-analysis. European journal of clinical investigation. 2015;45(10):1113-26. DOI: <https://doi.org/10.1111/eci.12510>.
20. Mirhosseini N, Rainsbury J, Kimball SM. Vitamin D supplementation, serum 25 (OH) D concentrations and cardiovascular disease risk factors: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in cardiovascular medicine. 2018;5:87. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00087>.
21. Kashkooli S, Choghakhori R, Hasanvand A, Abbasnezhad A. Effect of calcium and vitamin D co-supplementation on lipid profile of overweight/obese subjects: A systematic review and meta-analysis of the randomized clinical trials. Obesity Medicine. 2019;15:100124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2019.100124>.

22. Morvaridzadeh M, Agah S, Alibakhshi P, Heydari H, Hoseini AS, Palmowski A, et al. Effects of calcium and vitamin D co-supplementation on the lipid profile: a systematic review and meta-analysis. *Clinical therapeutics*. 2021;43(9):274-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2021.07.018>.
23. Radkhah N, Zarezadeh M, Jamilian P, Ostadrahimi A. The effect of vitamin D supplementation on lipid profile: an umbrella review of meta-analysis. *Advances in Nutrition*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.08.012>.
24. Challoumas D. Vitamin D supplementation and lipid profile: what does the best available evidence show? *Atherosclerosis*. 2014; 235(1):130-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2014.04.024>.
25. Brewer Jr HB. New features of the national cholesterol education program adult treatment panel III lipid-lowering guidelines. *Clinical Cardiology: An International Indexed and Peer-Reviewed Journal for Advances in the Treatment of Cardiovascular Disease*. 2003;26(S3):19-24. DOI: <https://doi.org/10.1002/clc.4960261505>.
26. Health NIO, Health NIO. Dietary supplement fact sheet: Vitamin D. See <http://www.dietary-supplements.info.nih.gov/factsheets/vitamind.asp>. 2011.
27. Hirschler V, Maccallini G, Molinari C, Aranda C, Group SAdICS. Low vitamin D concentrations among indigenous Argentinean children living at high altitudes. *Pediatric diabetes*. 2013;14(3):203-10. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12004>.
28. Zittermann A, Frisch S, Berthold HK, Götting C, Kuhn J, Kleesiek K, et al. Vitamin D supplementation enhances the beneficial effects of weight loss on cardiovascular disease risk markers. *The American journal of clinical nutrition*. 2009; 89(5):1321-7. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27004>.
29. Kim MR, Jeong SJ. Relationship between vitamin D level and lipid profile in non-obese children. *Metabolites*. 2019;9(7):125. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo9070125>.
30. Wolden-Kirk H, Gysemans C, Verstuyf A, Mathieu C. Extraskelatal effects of vitamin D. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*. 2012;41(3):571-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2012.05.004>.
31. Ponda MP, Dowd K, Finkelstein D, Holt PR, Breslow JL. The short-term effects of vitamin D repletion on cholesterol: a randomized, placebo-controlled trial. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2012;32(10):2510-5. DOI: <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.112.254110>.
32. Scragg R, Stewart AW, Waayer D, Lawes CM, Toop L, Sluyter J, et al. Effect of monthly high-dose vitamin D supplementation on cardiovascular disease in the vitamin D assessment study: a randomized clinical trial. *JAMA cardiology*. 2017;2(6):608-16. doi:10.1001/jamacardio.2017.0175.
33. Barbarawi M, Kheiri B, Zayed Y, Barbarawi O, Dhillon H, Swaid B, et al. Vitamin D supplementation and cardiovascular disease risks in more than 83 000 individuals in 21 randomized clinical trials: a meta-analysis. *JAMA cardiology*. 2019;4(8):765-76. doi:10.1001/jamacardio.2019.1870.
34. Ramiro-Lozano JM, Calvo-Romero JM. Effects on lipid profile of supplementation with vitamin D in type 2 diabetic patients with vitamin D deficiency. *Therapeutic advances in endocrinology and metabolism*. 2015;6(6):245-8. <https://doi.org/10.1177/2042018815599874>.
35. Yang Y, Yan S, Yao N, Guo Y, Wang H, Sun M, et al. Effects of vitamin D supplementation on the regulation of blood lipid levels in prediabetic subjects: A meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*. 2023;10:983515. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.983515>.

Consumo de aceite de oliva y estilo de vida asociados al riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en pacientes de un hospital público

Olive oil consumption and lifestyle associated with risk of type 2 diabetes mellitus in patients in a public hospital

Sebastian ROJAS RAMOS¹, Grecia Tamara ROMERO PÁRRAGA¹, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI¹, Christopher Brain ROSAS CHOO², Marco Alexi TABOADA GARCÍA³

¹ Universidad Privada del Norte.

² Universidad Científica del Sur.

³ Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima – Perú.

Recibido: 13/junio/2025. Aceptado: 4/septiembre/2025.

RESUMEN

Objetivo: Determinar el consumo de aceite de oliva y estilo de vida asociados al riesgo de diabetes mellitus tipo 2 (DM2) en pacientes de un hospital público.

Material y métodos: Se realizó desde un enfoque cuantitativo, correlacional, analítico, con diseño no experimental, se empleó 2 cuestionarios validados. Se realizó la prueba estadística de regresión logística binaria, en el cual la variable dependiente diabetes mellitus tipo 2 y las variables independientes fueron consumo de alimentos y estilo de vida, los datos para estos análisis fueron presentados como odds ratio (OR) y su respectivo intervalo de confianza del 95% (95% IC). Además, se realizó la prueba estadística U de Mann Whitney para evaluar si existe diferencia entre el consumo adecuado o no del aceite de oliva según la edad. Se aplicó, con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados: El 82,1% de pacientes con DM2 tienen edades comprendidas entre 40 a 59 años, el 65,7% de mujeres tienen DM2. A mayor edad del paciente el consumo de aceite de oliva es más adecuado que si tuviera menos edad. Los pacientes que consumen aceite de oliva tienen menor riesgo de presentar la enfermedad ($p=0,021$, $OR=0,167$). Asimismo, un

menor consumo de alcohol tiene menos riesgo de padecer DM2 ($p=0,008$, $OR=0,089$).

Conclusión: El aceite de oliva es un factor protector de la diabetes mellitus tipo 2. Este hallazgo es relevante en el patrón alimentario tradicional de los pacientes peruanos, se debe promover el uso y consumo adecuado del aceite de oliva. Urge promover una alimentación y estilo de vida saludable para mejorar la salud de los pacientes.

PALABRAS CLAVE

Diabetes Mellitus 2; grasas monoinsaturadas; Hábitos saludables (Fuente: DeCS BIREME).

ABSTRACT

Objective: To determine the consumption of olive oil and lifestyle associated with the risk of type 2 diabetes mellitus in patients in a public hospital.

Material and methods: A quantitative correlational, analytical, non-experimental, correlational design approach was used, using 2 validated questionnaires. A binary logistic regression statistical test was performed, in which the dependent variable was type 2 diabetes mellitus and the independent variables were food consumption and lifestyle; the data for these analyses were presented as odds ratio (OR) and their respective 95% confidence interval (95% CI). In addition, the Mann Whitney U test was performed to evaluate whether there is a difference between the adequate or inad-

Correspondencia:
Yuliana Yessy Gomez Rutti
ygomez@une.edu.pe

equate consumption of olive oil according to age. It was applied, with a significance level of 0.05.

Results: 82.1% of patients with DM2 were aged between 40 and 59 years, 65.7% of women had DM2. The older the patient's age, the consumption of olive oil is more adequate than if he/she were younger. Patients who consume olive oil have a lower risk of presenting the disease ($p=0.021$, $OR=0.167$). Likewise, lower alcohol consumption has a lower risk of DM2 ($p=0.008$, $OR=0.089$).

Conclusion: Olive oil is a protective factor for type 2 diabetes mellitus. This finding is relevant in the traditional dietary pattern of Peruvian patients; the adequate use and consumption of olive oil should be promoted. It is urgent to promote a healthy diet and lifestyle to improve the health of patients.

KEYWORDS

Diabetes Mellitus 2; monounsaturated fats; healthy habits. (Source: DeCS BIREME).

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS: Organización Mundial de la Salud.

CENAN: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

MINSA: Ministerio de Salud.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de la Salud define a la diabetes como una condición metabólica crónica que se caracteriza por altos niveles de glucosa en sangre y puede provocar daños significativos en diferentes partes del cuerpo, tales como los vasos sanguíneos, el corazón, los nervios, los ojos y los riñones¹. La DM2 se asocia con complicaciones a largo plazo que han contribuido a la carga de morbilidad y mortalidad en todo el mundo².

La diabetes es la principal causa de complicaciones graves de salud y una de las 10 principales causas de muerte a nivel mundial. Actualmente, la diabetes no tiene cura, por lo que es necesario tomar medidas de precaución para evitar su aparición³. Según la Federación Internacional de Diabetes, en el año 2023 se estimó que 540 millones de personas en el mundo tenían DM2, lo que representa el 10,5% de la población adulta mundial; además, se considera que la DM2 es responsable de 4,2 millones de muertes anuales y prevé que para el año 2045 habrá 783 millones de personas con diabetes alrededor del mundo⁴.

Carrillo et al.⁵, evidenciaron un aumento en la prevalencia e incidencia de DM2 en el Perú, con un registro de dos casos nuevos por cada cien personas al año. La diabetes si no se diagnostica y trata a tiempo, puede provocar complicaciones graves⁶ y el desarrollo de la diabetes tipo 2 se asocia con factores de riesgo modificables y no modificables.

Varios estudios evidenciaron factores asociados a la diabetes mellitus 2 tales como los factores genéticos y ambientales, como la cintura, la educación, el ejercicio, la hipertensión y el consumo de carne, están asociados con la diabetes mellitus tipo 2 en una población Han china⁷, la obesidad, está fuertemente asociada con la diabetes mellitus tipo 2 en las poblaciones africanas⁸.

La dieta mediterránea, que destaca el aceite de oliva como la principal fuente de grasa, se ha asociado durante mucho tiempo con resultados favorables en la prevención y el tratamiento de la DM2⁹, el consumo de aceite de oliva se considera un determinante para la salud atribuidos a la dieta mediterránea¹⁰, es rico en ácidos grasos monoinsaturados y contiene varios micronutrientes, incluidos los compuestos fenólicos, la fracción fenólica del aceite de oliva ejerce efectos beneficiosos sobre el estrés oxidativo y la inflamación, en parte a través de la modulación de la expresión génica implicada en estos procesos¹¹. Además, las recomendaciones dietéticas para la prevención de la diabetes tipo 2 abogan por una dieta caracterizada por la reducción de ácidos grasos saturados y trans, junto con un mayor consumo de ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados y omega 3¹².

Existe poca evidencia sobre el aceite de oliva asociado al riesgo de padecer DM2, los resultados de la investigación contribuirán a mejorar la calidad de vida de los pacientes. Por lo expuesto, el objetivo del estudio fue determinar el consumo de aceite de oliva y estilo de vida asociados al riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en pacientes peruanos de un hospital público de San Juan de Lurigancho- Lima metropolitana.

MÉTODOS

El estudio transversal, analítico-correlacional, de enfoque cuantitativo y fue desarrollado en pacientes peruanos del Hospital San Juan de Lurigancho- Lima metropolitana, durante el periodo de junio hasta agosto del 2023.

Población y muestra

La población incluye a todos los pacientes se atendieron en las áreas de Nutrición y Endocrinología que presenten o no DM2. El tamaño de muestra fue de 100 pacientes (67 con DM2 y 33 sin DM2). El muestreo fue no probabilístico por conveniencia conforme a los criterios de inclusión establecidos. Esta estrategia fue utilizada para la accesibilidad a las participantes, estos hallazgos no pueden generalizarse en otros contextos.

Se incluyeron pacientes de ambos sexos, entre 20 y 59 años, con o sin diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2, que asistían al servicio de endocrinología y/o nutrición y que otorgaron su consentimiento informado. Se excluyeron los pacientes que presentaban otras patologías, estaban en tratamiento o en recuperación de una enfermedad u operación que pudiera alterar su alimentación habitual, así como aquellos con enfermedades congénitas, con alteraciones del peso corporal o con historias clínicas incompletas.

Variable e Instrumentos

Se utilizaron como instrumentos 2 cuestionarios validados. Las encuestas fueron autoadministradas por los pacientes, quienes recibieron previamente instrucciones estandarizadas y detalladas para garantizar la correcta comprensión del instrumento. El primer instrumento fue tomado de Tasayco¹³. El cuestionario factores de riesgo para diabetes mellitus tipo 2, obtuvo una confiabilidad Alpha de Cronbach de 0.7, para la investigación se han considerado 3 preguntas de los factores sociodemográficos entre estos está la edad, el sexo y el grado de instrucción; 3 preguntas sobre estilo de vida como son el tabaco, alcohol, actividad física y por último la pregunta con respuesta dicotómica sobre si el paciente fue diagnosticado con DM2.

El otro instrumento es adaptado de Sánchez y De La Cruz¹⁴, fue validado por 5 jueces expertos y el KR20 del instrumento fue de 0,98. Para el estudio se ha considerado la frecuencia de consumo diario y semanal de los grupos de alimentos por porciones recomendadas. Para definir si el consumo de cada grupo de alimento era adecuado o no se tomó referencia de las porciones recomendadas del Instituto Nacional de Salud-Centro Nacional de alimentación y nutrición para el adulto¹⁵, el documento técnico de consulta nutricional para la prevención y control de la diabetes mellitus tipo 2¹⁶ y el documento de intercambio de alimentos¹⁷ del Ministerio de Salud. Asimismo, se consideró como consumo adecuado de aceite de oliva una ingesta diaria de 10 a 20 ml¹⁸.

Recopilación de los datos

Se inició con la aprobación del comité de ética del Hospital de San Juan de Lurigancho, luego se coordinó las fechas con el área de Nutrición del Hospital de San Juan de Lurigancho

para poder realizar la toma de datos. Se cumplió con todas las políticas y procedimientos del hospital relacionados con la investigación, incluyendo las normas de privacidad, confidencialidad y garantizar que los derechos de los pacientes serán respetados en todo momento.

Una vez revisadas las historias clínicas se procedió a consentimiento informado para que participen de manera voluntaria en la investigación y se aplicó los cuestionarios a los pacientes con y sin DM2 de forma personalizada.

El proyecto de investigación fue aprobado por el comité institucional de ética en investigación del Hospital San Juan de Lurigancho. La investigación aplicó las normas bioéticas establecidas por la Declaración de Helsinki¹⁹.

Análisis estadístico

Se utilizó el Software SPSS 27 para el desarrollo del análisis de datos. Se realizó un análisis descriptivo de los datos. Se realizó la prueba estadística de regresión logística binaria, en el cual la variable dependiente diabetes mellitus tipo 2 y las variables independientes fueron los factores consumo de alimentos y estilo de vida, los datos para estos análisis fueron presentados como odds ratio (OR) y su respectivo intervalo de confianza del 95% (95% IC). Además, se realizó la prueba estadística U de Mann Whitney para evaluar si existe diferencia entre el consumo adecuado o no del aceite de oliva según la edad. Se estableció como nivel de significancia $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la tabla 1, se muestra que el 82,1% de pacientes con DM2 tienen edades comprendidas entre 40 a 59 años, el 65,7% de mujeres tienen DM2, tienen mayor prevalencia que

Tabla 1. Factores sociodemográficos de los pacientes con o sin diabetes mellitus tipo 2 del Hospital San Juan de Lurigancho

Factores asociados		Diabetes Mellitus		p-valor
		Si n (%)	No n (%)	
Sociodemográficos				
Edad	20 a 39 años	12 (17,9)	17 (51,5)	0,001
	40 a 59 años	55 (82,1)	16 (48,5)	
Sexo	Femenino	44 (65,7)	21 (63,76)	0,009
	Masculino	23 (34,3)	12 (36,4)	
Grado de instrucción	Sin estudio	21 (31,3)	10 (30,3)	0,983
	Con estudio	46 (68,7)	23 (69,7)	
	Total	67 (100,0)	33 (100,0)	

los varones, además se evidenció que el 68,7% de los pacientes con estudios son las que presentaron DM2. Solo la edad y el sexo se asoció de forma significativa con la presencia de DM2; el grado de instrucción no mostró asociación.

Por otro lado, en la tabla 2 el 76,1% de los pacientes que tienen DM2 tienen un consumo de grupos de alimentos inadecuados fueron: el 50,7% consumió bebidas azucaradas, el 91 % lácteos, el 55% carnes, el 71,6% menestras, el 52,2% frutas y verduras, 59,7% cereales y tubérculos, el 62,7% aceite de oliva, el 59.7% ingiere agua en cantidades inadecuadas y el 62,7% consumió frituras y snacks.

Tabla 2. Consumo de alimentos de los pacientes con o sin diabetes mellitus tipo 2 del Hospital San Juan de Lurigancho

Consumo de alimentos		Diabetes Mellitus*	
		Si n(%)	No n(%)
Consumo de bebidas azucaradas	Adecuado	34 (50,7)	13 (39,4)
	Inadecuado	33 (49,3)	20 (60,6)
Consumo de azúcar	Adecuado	43 (64,2)	26 (78,8)
	Inadecuado	24 (35,8)	7 (21,2)
Consumo de lácteos	Adecuado	6 (9,0)	3 (9,1)
	Inadecuado	61 (91,0)	30 (90,9)
Consumo de carnes	Adecuado	30 (44,8)	13 (39,4)
	Inadecuado	37(55,0)	20 (60,6)
Consumo de menestras	Adecuado	19 (28,4)	12 (36,4)
	Inadecuado	48 (71,6)	21 (63,6)
Consumo de frutas y verduras	Adecuado	35 (52,2)	14 (42,4)
	Inadecuado	32 (47,8)	19 (57,6)
Consumo de cereales y tubérculos	Adecuado	40 (59,7)	20 (60,6)
	Inadecuado	27 (40,3)	13 (39,4)
Consumo de aceite de oliva	Adecuado	25 (37,3)	15 (45,5)
	Inadecuado	42 (62,7)	18 (54,5)
Consumo de agua	Adecuado	27 (40,3)	16 (48,5)
	Inadecuado	40 (59,7)	17 (51,5)
Consumo de frituras y snacks	Adecuado	25 (37,3)	15 (45,5)
	Inadecuado	42 (62,7)	18 (54,5)
Total		67 (100,0)	33 (100,0)

En la tabla 3, se muestra que, el 89,6% de los pacientes que tienen DM2 no presentaron hábito de fumar, el 82,1% no ingiere alcohol y el 35,8% no realiza actividad física.

Tabla 3. Estilo de vida de los pacientes con o sin diabetes mellitus tipo 2 del Hospital San Juan de Lurigancho

Estilo de vida		Diabetes Mellitus*	
		Si n (%)	No n (%)
Tabaco	Sí	7 (10,4)	2 (6,1)
	No	60 (89,6)	31 (93,9)
Alcohol	Sí	12 (17,9)	11 (33,3)
	No	55 (82,1)	22 (66,7)
Actividad física	Sí	43 (64,2)	20 (60,6)
	No	24 (35,8)	13 (39,4)
Total		67 (100,0)	33 (100,0)

En la figura 1 se evidenció que existe diferencia entre los que consumen aceite de oliva de manera adecuada o no según la edad, es decir, a mayor edad del paciente el consumo de aceite de oliva es adecuado que si tuviera menos edad ($p=0,042$).

En la tabla 4, se evidenció que a menor consumo de alcohol tienen menos riesgo de padecer DM2 ($p=0,008$, $OR=0,089$) y los que consumen aceite de oliva tienen menor riesgo de presentar la enfermedad ($p=0,021$, $OR=0,167$). Los demás factores evaluados no fueron significativos. El modelo de regresión logística mostró un buen ajuste (Hosmer-Lemeshow, $p = 0,457$), con un poder explicativo aceptable (Nagelkerke $R^2 = 0,51$) con la variable consumo de alcohol y aceite de oliva.

DISCUSIÓN

La Diabetes mellitus constituye uno de los problemas de salud más importantes en el mundo por la alta carga de enfermedad en términos de discapacidad y mortalidad prematura que ocasiona, debido a su alta prevalencia e incidencia a nivel mundial se configura como una epidemia²⁰. En el Perú 2 de cada 100 personas se registran con la enfermedad²⁰.

Uno de los hallazgos de nuestra investigación fue sobre el consumo de aceite de oliva, los que consumen aceite de oliva tienen menor riesgo de presentar la enfermedad ($p=0,021$, $OR=0,167$). Al respecto la American Diabetes Association recomienda un patrón alimentario que incluya el consumo de

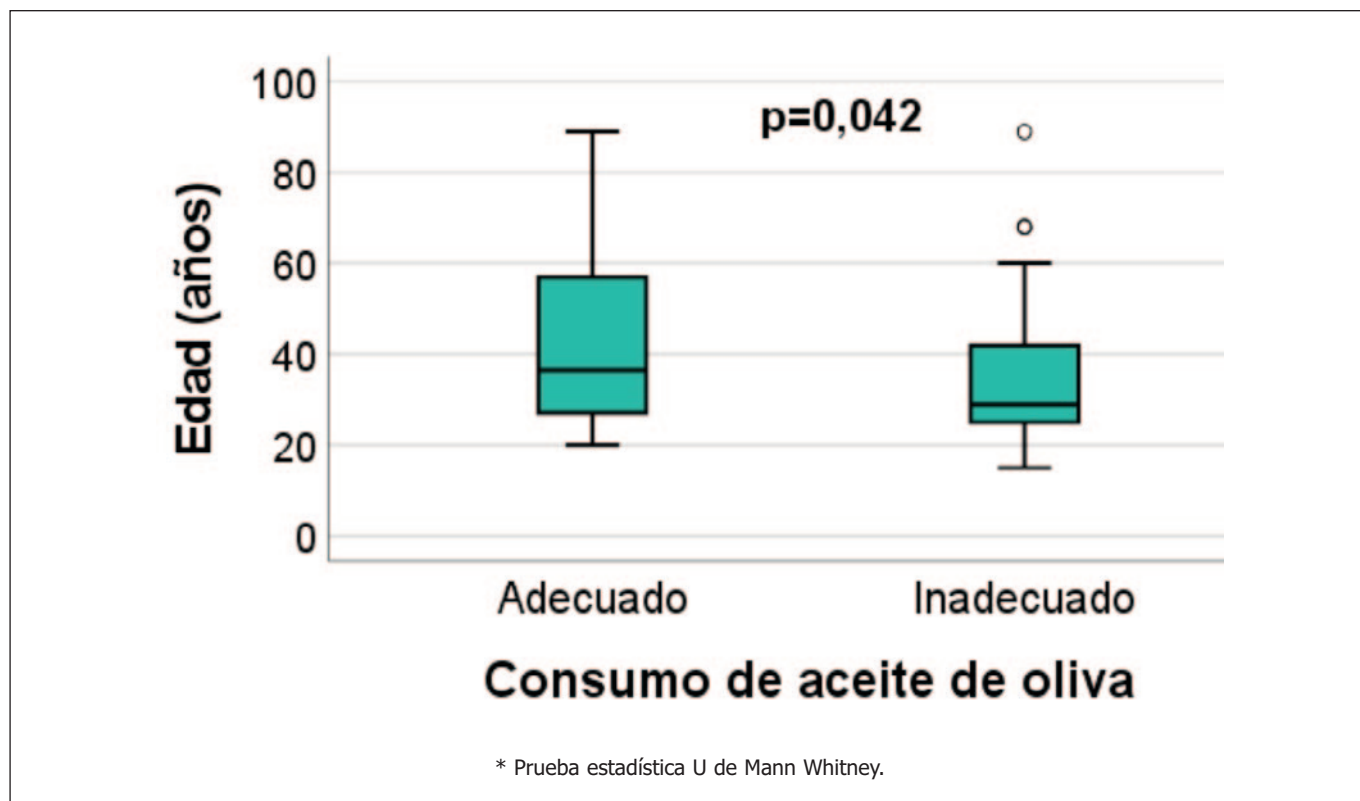


Figura 1. Consumo de aceite de oliva según edad de los pacientes con y sin diabetes

Tabla 4. Factores de riesgo asociados a la diabetes mellitus tipo 2 en pacientes del Hospital San Juan de Lurigancho

Variables	p-valor	OR	95% C.I. para EXP(B)	
			Inferior	Superior
Estilo de vida				
Consumo de alcohol	0,008	0,089	0,015	0,535
Consumo de alimentos				
Consumo de aceite de oliva	0,021	0,167	0,037	0,761

*OR <1, menor riesgo; >1, mayor riesgo.

Hosmer-Lemeshow $\chi^2(8) = 7,761$; $p = 0,457$; Nagelkerke $R^2 = 0,51$.

grasas mono y poliinsaturadas, ya que esto podría ayudar a la mejora del metabolismo de la glucosa²¹. Un estudio halló que, un mayor consumo de aceite de oliva se asoció con un menor riesgo de diabetes tipo 2 en mujeres estadounidenses²², otro estudio también evidenció que el consumo de aceite de oliva virgen extra se asocia con una disminución del riesgo de diabetes y pueden ser eficaces para controlar y prevenir la diabetes, sin embargo, se requieren más estudios para explorar el mecanismo del aceite de oliva virgen extra en la reducción del riesgo de diabetes²³. Esto puede ser explicado al compo-

nente principal del aceite de oliva es el ácido oleico, un ácido graso monoinsaturado (AGMI) que ha demostrado disminuir la resistencia a la insulina¹⁴, está asociado con un menor riesgo de diabetes, especialmente que 10-20 ml al día pueden ser beneficiosos para la prevención y el control de la diabetes^{18,25}, al respecto las dietas ricas en AGMI mejoran el metabolismo de la glucosa más que las dietas occidentales en un ensayo de mantenimiento de peso, así como mejoraron el control glucémico y el perfil de lipoproteínas en personas diabéticas¹⁶.

Otro hallazgo de la investigación fue el consumo del alcohol, en nuestro estudio el 89,6% de los pacientes que tienen DM2 no presentaron hábito de fumar, el 82,1% no ingiere alcohol y el 35,8% no realiza actividad física. Además, se evidenció que a menor consumo de alcohol tienen menos riesgo de padecer DM2 ($p=0,008$, $OR=0,089$). Al respecto Palomino²⁷, halló que el 71,9% tienen consumo de alcohol y tienen DM2, así mismo, el 62,5% fuman y tienen DM2 y el 71,9% no practica actividad física y tienen DM2 ($p<0,0001$). La investigación de Martínez²⁸ no encontró asociación con el consumo de alcohol y la DM2, representó un 12% y el estudio de Heredia e Iglesias²⁹ evidenciaron un 75 % consumía alcohol, encontrándose asociación estadísticamente significativa ($p<0,05$). Al respecto existe conocimiento limitado en torno al mecanismo de control de la glucemia a través del alcohol, el mecanismo subyacente a las disminuciones inducidas por el consumo de alcohol en el riesgo de diabetes tipo 2 no está claro³⁰.

Las limitaciones del estudio fueron no considerar la valoración del recordatorio de 24 horas, los tipos de aceite de oliva virgen o extra virgen, el nivel de actividad física y los resultados no pueden ser extrapolados a otros contextos.

CONCLUSIÓN

El aceite de oliva es un factor protector de la diabetes mellitus tipo 2. Este hallazgo es relevante en el patrón alimentario tradicional de los pacientes peruanos, se debe promover el uso y consumo adecuado del aceite de oliva. Urge promover una alimentación y estilo de vida saludable para mejorar la salud de los pacientes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Hospital de San Juan de Lurigancho por el apoyo en las coordinaciones durante la investigación.

REFERENCIAS

- Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. 2021. Diabetes. <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
- Ismail, L., Materwala, H. y Kaabi, J. Asociación de factores de riesgo con la diabetes tipo 2: Una revisión sistemática. *Revista de Biotecnología Computacional y Estructural*. 2021; 19. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.03.003>
- Mansour, A., Mousa, M., Abdelmannan, D., Tay, G., Hassoun, A. y Alsafar, H. Complicaciones microvasculares y macrovasculares de la diabetes mellitus tipo 2: Análisis de asociación de todo el exoma. *Fronteras en Endocrinología*. 2023; 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1143067>
- Federación Internacional de Diabetes. 2023. Datos y Cifras. <https://idf.org/es/about-diabetes/diabetes-facts-figures/>
- Carrillo-Larco RM, Bernabé-Ortiz A. Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [En línea]. 2019; 36(1): 26-36. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2019.361.4027>
- Rahman, R., Almomen, F., Alajmi, A., Asir, I., Basudan, S., Alenezi, M., Alabdulwahab, F., Shammari, S., Aldakheel, A., Shehri, A. y Alabdulmohsen, M. Predictores y factores de riesgo asociados al desarrollo de diabetes mellitus tipo 2. *Revista de ciencias de la salud*. 2022. <https://doi.org/10.52533/johs.2022.2603>
- Li, Z., Ye, C., Zhao, T., y Yang, L. Modelo de factores genéticos y ambientales asociados con la diabetes mellitus tipo 2 en una población Han china. *BMC Public Health*. 2020; 20. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09130-5>
- Issaka, A., Paradies, Y., Cameron, A., y Stevenson, C. La asociación entre los índices de peso corporal, los factores conductuales y la diabetes mellitus tipo 2 en África: una revisión sistemática y metanálisis de estudios epidemiológicos de base poblacional. *Nutrición, metabolismo y enfermedades cardiovasculares: NMCD*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2023.06.011>
- Georgoulis, M.; Kontogianni, MD; Yiannakouris, N. Dieta mediterránea y diabetes: Prevención y tratamiento. *Nutrients* 2014, 6, 1406–1423. <https://doi.org/10.3390/nu6041406>
- Covas, M.-I.; de la Torre, R.; Fitó, M. Aceite de oliva virgen: Un alimento clave para la protección del riesgo cardiovascular. *Br. J. Nutr.* 2015, 113 (Supl. S2), S19–S28. <https://doi.org/10.1017/S0007114515000136>
- Cicerale, S.; Lucas, L.; Keast, R. Actividades fenólicas antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias en aceite de oliva virgen extra. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2012, 23, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.09.006>
- Dilek Sivri, Yasemin Akdevelioğlu, Efecto de los ácidos grasos en el metabolismo de la glucosa y la diabetes tipo 2, *Nutrition Reviews*, Volumen 83, Número 5, mayo de 2025, páginas 897–907, <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae165>
- Tasayco Lavalle C., Factores de riesgo para Diabetes Mellitus Tipo 2 en los adultos mayores que asisten al programa del Hospital II – Vitarte ESSALUD, 2015. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5937>
- Cruz Mendoza F E de la, Sánchez Ruiz F X. Hábitos alimentarios, estado nutricional y su asociación con el nivel socioeconómico del adulto mayor que asiste al Programa Municipal de Lima Metropolitana, 2011. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2011. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3435>
- Instituto Nacional de Salud. Porciones de alimentos en adultos. 2018. <https://alimentacionsaludable.ins.gob.pe/adultos/cantidad-des-por-dia>
- Instituto Nacional de Salud. Consulta nutricional para la prevención y control de la diabetes mellitus tipo 2 de la persona joven, adulta y adulta mayor: documento técnico. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2015. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/390192/consulta-nutricional-para-la-prevencion-y-control-de-la-diabetes-mellitus-tipo-2-de-la-persona-joven-adulta-y-adulta-mayor-documento-tecnico.pdf?v=1571240760>
- Instituto Nacional de Salud. Intercambio de alimentos. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2014. https://bvs.ins.gob.pe/insprint/CENAN/Guia_de_intercambio_de_alimentos_2014.pdf

18. Du Y, Zhou H. Effect of olive oil consumption on diabetes risk: a dose-response meta-analysis. *J Health Popul Nutr.* 2025;44(1): 135. Published 2025 Apr 24. doi:10.1186/s41043-025-00866-7
19. Manzini JL. Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioética.* 2000; 6(2):321-34
20. Carrillo-Larco RM, Bernabé-Ortiz A. Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2019; 36(1): 26-36. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2019.361.4027>
21. Veloza Naranjo, AL. Análisis comparativo de las guías ADA 2020 y ALAD 2019 sobre la terapia médica nutricional del paciente adulto con diabetes tipo 1 y 2 con énfasis en los patrones de alimentación. *2021 Rev Nutr Clin Metab.* 2021;4(1):44-55. <http://dx.doi.org/10.35454/rncm.v4n1.180>
22. Guasch-Ferré M, Hruby A, Salas-Salvado J, et al. Olive oil consumption and risk of type 2 diabetes in US women. *Am J Clin Nutr.* 2015;102(2):479-486. <http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.115.112029>
23. Du, Y., Zhou, H. Efecto del consumo de aceite de oliva en el riesgo de diabetes: un metaanálisis dosis-respuesta. *J Health Popul Nutr.* 2025; 44, 135 <https://doi.org/10.1186/s41043-025-00866-7>
24. Esposito, Katherine, et al. Efecto de una dieta mediterránea sobre la disfunción endotelial y los marcadores de inflamación vascular en el síndrome metabólico: un ensayo aleatorizado. *Jama.* 2004; 292 (12), 1440-1446. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.292.12.1440>
25. Ley, Sylvia H., et al. "Prevención y manejo de la diabetes tipo 2: componentes dietéticos y estrategias nutricionales". *The Lancet.* 2014; 383 (9933), 1999-2007. [10.1001/jama.292.12.1440](http://dx.doi.org/10.1001/jama.292.12.1440)
26. DUE, Anette, et al. Comparación de los efectos sobre la resistencia a la insulina y la tolerancia a la glucosa de dietas de 6 meses altas en grasas monoinsaturadas, bajas en grasas y control. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2008; 87 (4), 855-862.
27. Palomino, E E B. Prevalencia de factores de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles en Perú. *Revista cuidarte.* 2020; 11(2). <http://dx.doi.org/10.15649/cuidarte.1066>
28. Martínez-Vasallo B, Méndez-Macón Y, Valdez-Gasmuri I. Factores de riesgo asociados a diabetes mellitus tipo 2. Policlínico Docente José Jacinto Milanés. Matanzas, 2019. *Rev Méd Electrón.* 2021;43(6). <https://revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/4140>
29. Rafael-Heredia A, Iglesias-Osores S. Factores asociados a diabetes mellitus tipo 2 en pacientes atendidos en un hospital amazónico de Perú. *Universidad Médica Pinareña.* 2020;16 (2):1-7. <https://dialnet.unirioja.es/metricas/documentos/ARTREV/7423498>
30. Schrieks, I. C., Heil, A. L., Hendriks, H. F., Mukamal, K. J., & Beulens, J. W. (2015). The effect of alcohol consumption on insulin sensitivity and glycemic status: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Diabetes care.* 2015; 38(4), 723-732. <http://dx.doi.org/10.1093/aje/kws469>

Efecto del tratamiento térmico en la retención del β -caroteno en zanahoria (*Daucus carota L*) y zapallo (*Curcubita maxima* Duchesne y Lam): implicaciones para la cocción doméstica y procesamiento industrial

Effect of thermal treatment on β -carotene retention in carrot (*Daucus carota L*) and pumpkin (*Curcubita maxima* Duchesne y Lam): implications for domestic cooking and industrial processing

Giuliana RONDÓN SARAVIA¹, Juan Andrés LOPA BOLÍVAR²

¹ Departamento Académico de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

² Departamento Académico de Química, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

Recibido: 15/agosto/2025. Aceptado: 4/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Las frutas y verduras como la zanahoria y el zapallo son fuentes importantes de β -caroteno, compuesto con propiedades antioxidantes. Sin embargo, su contenido puede verse afectado por los tratamientos térmicos empleados.

Objetivos: Evaluar el efecto de la fritura y del secado por aire caliente sobre la retención de β -caroteno en zanahoria (*Daucus carota L.*) y zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne y Lam), para identificar condiciones térmicas que favorezcan su conservación.

Material y Métodos: Se caracterizaron fisicoquímicamente las materias primas, se aplicaron tratamientos de fritura (160 °C, 170 °C, 180 °C por 6, 8 y 10 minutos) y secado (60 °C, 70 °C, 80 °C por 2, 3, 4 y 5 horas), y se evaluó la retención de β -caroteno.

Resultados: En muestras de zanahoria, un aumento en la temperatura de secado a 80 °C resulta en una menor pérdida

de β -caroteno (3.549 mg/100 g) en comparación con 60 °C (2.421 mg/100 g). Se observa un patrón similar en el zapallo, con valores a 80 °C de 2.875 mg/100g frente a 60 °C (1.467 mg/100g) en los tratamientos de secado. En el proceso de fritura, se nota un ligero aumento en la retención de β -caroteno con el incremento de temperatura para zanahorias (1.7387 mg/100 g, 2.0005 mg/100 g, 2.2119 mg/100 g) y zapallo (0.9845 mg/100 g, 0.9110 mg/100 g, 0.8925 mg/100 g).

Discusión: La menor pérdida de β -caroteno a 80 °C podría deberse a la concentración de nutrientes por deshidratación y a la reducción de efectos catalíticos que lo degradan. El calor rompe barreras físicas y membranas celulares, aumentando su bioaccesibilidad. En fritura, la grasa y el ablandamiento tisular favorecen su solubilidad, pero la retención fue menor que en el secado.

Conclusiones: El secado a 80 °C conserva más β -caroteno que a 60 °C (3,549 mg/100 g en zanahoria y 2,875 mg/100 g en zapallo). La fritura retiene menos β -caroteno, aunque aumenta ligeramente a mayores temperaturas.

PALABRAS CLAVE

Carotenoides, estabilidad térmica, vegetales procesados, calidad nutricional.

Correspondencia:
Giuliana Rondón Saravia
grondons@unsa.edu.pe

ABSTRACT

Introduction: Fruits and vegetables such as carrot and pumpkin are important sources of β -carotene, a compound with antioxidant properties. However, its content can be affected by thermal processing methods.

Objectives: To evaluate the effect of frying and hot-air drying on the β -carotene content in carrot (*Daucus carota* L.) and pumpkin (*Cucurbita maxima* Duchesne and Lam), in order to identify thermal conditions that favor its preservation.

Material and Methods: The raw materials were physicochemically characterized. Frying treatments were applied at 160 °C, 170 °C, and 180 °C for 6, 8, and 10 minutes, and drying treatments at 60 °C, 70 °C, and 80 °C for 2, 3, 4, and 5 hours. The β -carotene content was then evaluated.

Results: In carrot samples, increasing the drying temperature to 80 °C resulted in lower β -carotene loss (3.549 mg/100 g) compared to 60 °C (2.421 mg/100 g). A similar pattern was observed in pumpkin, with values at 80 °C of 2.875 mg/100 g versus 1.467 mg/100 g at 60 °C. During frying, a slight increase in β -carotene retention was noted with rising temperatures in carrots (1.7387 mg/100 g, 2.0005 mg/100 g, 2.2119 mg/100 g) and pumpkin (0.9845 mg/100 g, 0.9110 mg/100 g, 0.8925 mg/100 g).

Discussion: The lower loss of β -carotene at 80 °C may be due to nutrient concentration from dehydration and the reduction of catalytic effects that degrade it. Heat breaks physical barriers and cell membranes, increasing its bioaccessibility. In frying, fat and tissue softening enhance its solubility, but retention was lower than in drying.

Conclusions: Drying at 80 °C preserves more β -carotene than at 60 °C (3,549 mg/100 g in carrot and 2,875 mg/100 g in pumpkin). Frying retains less β -carotene, although it increases slightly at higher temperatures.

KEYWORDS

Carotenoids, thermal stability, processed vegetables, nutritional quality.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha habido un creciente interés por parte de los consumidores en adoptar un estilo de vida más saludable¹, destacando la conexión entre la dieta y el bienestar. Mantener una alimentación saludable es esencial para reducir el riesgo de diversas enfermedades crónicas; sin embargo, a pesar de esta evidencia, la incidencia de enfermedades relacionadas con la dieta sigue en aumento². Las frutas y verduras son una parte fundamental de una dieta saludable, ya que proporcionan una amplia gama de micronutrientes beneficiosos para la salud³ ricas en fibra, vitaminas, minerales, flavonoides y fitoquímicos incluidos los antioxidantes, las frutas y verduras no solo deben sus colores

vivos a estos antioxidantes, sino que también ayudan a proteger al organismo del daño causado por los radicales libres⁴. Los antioxidantes vegetales tienen beneficios para la salud debido a sus propiedades antialérgicas, antibacterianas, antiinflamatorias y antimutagénicas, proporcionando un efecto protector frente al estrés oxidativo e impidiendo la producción de radicales libres⁵.

Los antioxidantes son inestables en el tracto gastrointestinal, así como durante las etapas de procesamiento y almacenamiento de los alimentos. Factores como la alta temperatura, la congelación, la humedad relativa, el pH, la luz, la presencia de oxidasas, el oxígeno y los metales contribuyen significativamente a la pérdida de estos compuestos. Entre ellos, los carotenoides, junto con las vitaminas C y E y los compuestos fenólicos incluyendo ácidos fenólicos y flavonoides, se consideran actualmente los principales antioxidantes exógenos⁵. Los carotenoides, un tipo de fitoquímico presente en muchas frutas y verduras, son los responsables del color de estos alimentos⁶. Los carotenoides, el grupo más extendido de pigmentos naturales en la naturaleza, son compuestos liposolubles altamente coloreados (rojos y amarillos), conformados por hidrocarburos (carotenos) y sus derivados oxigenados (carotenoides oxigenados o xantofilas). La estructura básica de los carotenoides está compuesta por ocho unidades isoprenoides con una serie de enlaces dobles conjugados⁷. Los carotenoides actúan como antioxidantes al desactivar radicales libres y especies de oxígeno singlete, y se asocian con diversos beneficios para la salud, incluyendo la inhibición de ciertos tipos de cáncer, la prevención de enfermedades cardiovasculares, la reducción del riesgo de formación de cataratas, la prevención de la degeneración macular y la mejora de la función del sistema inmunológico⁸. La mayoría de los carotenoides que se consumen en la dieta humana provienen de frutas y hortalizas⁹.

Las frutas y hortalizas de color amarillo-rojizo, como el melón, el camote, la zanahoria y el zapallo, son ricas en carotenoides, pigmentos naturales que les confieren su color característico. Los carotenoides más abundantes en estos alimentos son α -caroteno, β -caroteno, γ -caroteno, fitoeno y fitoflueno, los cuales pueden elevar las concentraciones de carotenoides en el plasma sanguíneo tras su ingestión¹⁰. El β -caroteno, uno de los carotenoides más estudiados, es el más activo en términos de su actividad provitamina A y se encuentra en diversos productos alimenticios de origen vegetal. En la naturaleza, el β -caroteno se presenta principalmente como all-trans- β -caroteno, la forma termodinámicamente más estable¹¹.

Las zanahorias (*Daucus carota*) desempeñan un papel significativo como cultivo alimentario a nivel mundial. Si bien no constituyen una fuente primaria de energía en la dieta humana, destacan por su elevado contenido de nutrientes, especialmente de α - y β -carotenoides, responsables de su característico color anaranjado. Estos carotenoides actúan como precursores de la vitamina A en el metabolismo humano. El

principal subproducto asociado a la zanahoria es su jugo; sin embargo, este proceso genera residuos que pueden representar hasta el 50 % de la materia prima utilizada⁸. Por ello, es necesario conocer y aplicar formas adecuadas de procesamiento culinario de esta materia prima, especialmente en hogares, establecimientos de restauración y la industria.

El zapallo pertenece a la familia *Cucurbitaceae* y se clasifica, según la textura y forma de sus tallos, en cuatro categorías principales: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima* y *Cucurbita mixta*¹². Es reconocido como un alimento saludable debido a su contenido de vitaminas y minerales esenciales¹³, así como de carotenoides, tocoferoles, ácidos fenólicos y flavonoles¹⁴. A partir de la pulpa de zapallo, rica en carotenoides, pueden elaborarse diversos productos como compotas, mermeladas, purés y jugos¹⁵.

Para mejorar la digestión y el metabolismo en el sistema digestivo humano, es fundamental procesar los alimentos antes de su consumo, principalmente mediante la aplicación de temperaturas. Sin embargo, el procesamiento también puede destruir o alterar los fitoquímicos presentes¹⁶. Los tratamientos térmicos son importantes para garantizar la inocuidad de los alimentos, pero también pueden afectar su calidad. Estos tratamientos pueden provocar cambios en el contenido de vitaminas, carotenoides, polifenoles y ácidos orgánicos, así como en el pH y el color de los alimentos⁸.

Hasta el momento, la mayoría de los estudios relacionados con la zanahoria se han centrado en analizar sus propiedades nutricionales a partir de su principal subproducto, el jugo de zanahoria. Sin embargo, son escasas las investigaciones que evalúan el efecto de los tratamientos térmicos aplicados en el ámbito culinario como la fritura y el secado por aire caliente, sobre sus propiedades fisicoquímicas y, en particular, sobre el contenido de β -caroteno. Del mismo modo, existen pocas investigaciones dirigidas a valorar el comportamiento de la pulpa de zapallo frente a estos tratamientos, a pesar de su creciente incorporación en preparaciones domésticas y en negocios gastronómicos locales como alternativa saludable y de valor agregado.

En este contexto, los objetivos del presente estudio fueron caracterizar las propiedades fisicoquímicas de las materias primas, zanahoria (*Daucus carota* L.) y zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne y Lam), evaluar su contenido inicial de β -caroteno, y determinar la pérdida de este compuesto bioactivo como consecuencia de la aplicación de tratamientos térmicos convencionales, como la fritura y el secado por aire caliente. Los resultados buscan generar información útil para promover prácticas de cocción más informadas en hogares, establecimientos de restauración y la industria, favoreciendo la conservación del valor nutricional de estos vegetales comúnmente utilizados en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estándar de β -caroteno (pureza del 95 %) fue adquirido de Sigma-Aldrich (Lima, Perú). La acetona de grado analítico

utilizada para la extracción fue obtenida de Thermo Scientific. Todos los solventes y reactivos empleados en esta investigación fueron de grado analítico y adquiridos en QuimLab VALLE, Arequipa, Perú.

Se pesaron 0,1 mg del estándar de β -caroteno y se disolvieron en un matraz aforado de vidrio ámbar de 10 mL con tapa, utilizando acetona como solvente. A partir de esta solución madre se prepararon diluciones en el rango de 35 a 400 μ L para la construcción de la curva de calibración. La detección se realizó a una longitud de onda de 450 nm en un espectrofotómetro UV/VIS.

Las muestras frescas de zanahoria (*Daucus carota* L.) y zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne y Lam) fueron adquiridas en un mercado local de la ciudad de Arequipa, Perú. Posteriormente, fueron transportadas a los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Las muestras completas se mantuvieron refrigeradas a 4 °C desde su recepción en el laboratorio hasta su procesamiento, el mismo día de la adquisición. El esquema experimental se muestra en la Figura 1.

En el caso del zapallo, se realizaron cortes longitudinales de un extremo al otro, retirando la cáscara y las semillas internas. Luego, con la ayuda de una cortadora manual, se obtuvieron muestras rectangulares de aproximadamente 3×5 cm y 3 mm de espesor.

Las zanahorias seleccionadas fueron despuntadas con un cuchillo de acero inoxidable y luego cortadas en rodajas de 3 mm de espesor utilizando una cortadora manual.

Se utilizó un secador de aire caliente compuesto por una cámara de acero inoxidable con capacidad para siete bandejas, donde se colocaron las muestras. Para el secado, el equipo se ajustó a las temperaturas deseadas de 60 °C, 70 °C y 80 °C durante 2, 3, 4 y 5 horas.

La fritura se realizó en una freidora con control de temperatura que contenía aceite vegetal en un volumen suficiente para cubrir completamente cada muestra. Las temperaturas de fritura se establecieron en 160 °C, 170 °C y 180 °C durante 6, 8 y 10 minutos.

El análisis del contenido total de β -caroteno se realizó siguiendo el método descrito por Biswas *et al.*¹⁷, con algunas modificaciones. Se trituraron 5 a 8 gramos de zanahoria y zapallo, respectivamente, en un molino de especias durante 2 minutos, hasta obtener un polvo fino. Para la extracción, se pesó exactamente 1 gramo de la muestra molida en un tubo de ensayo de vidrio, se añadieron 5 mL de acetona y se mantuvo a 4 ± 1 °C durante 15 minutos, con agitación ocasional. Luego, la mezcla se centrifugó a 1370 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se filtró a través de papel filtro No. 42 y se recogió en un matraz aforado de vidrio ámbar de 10 mL.

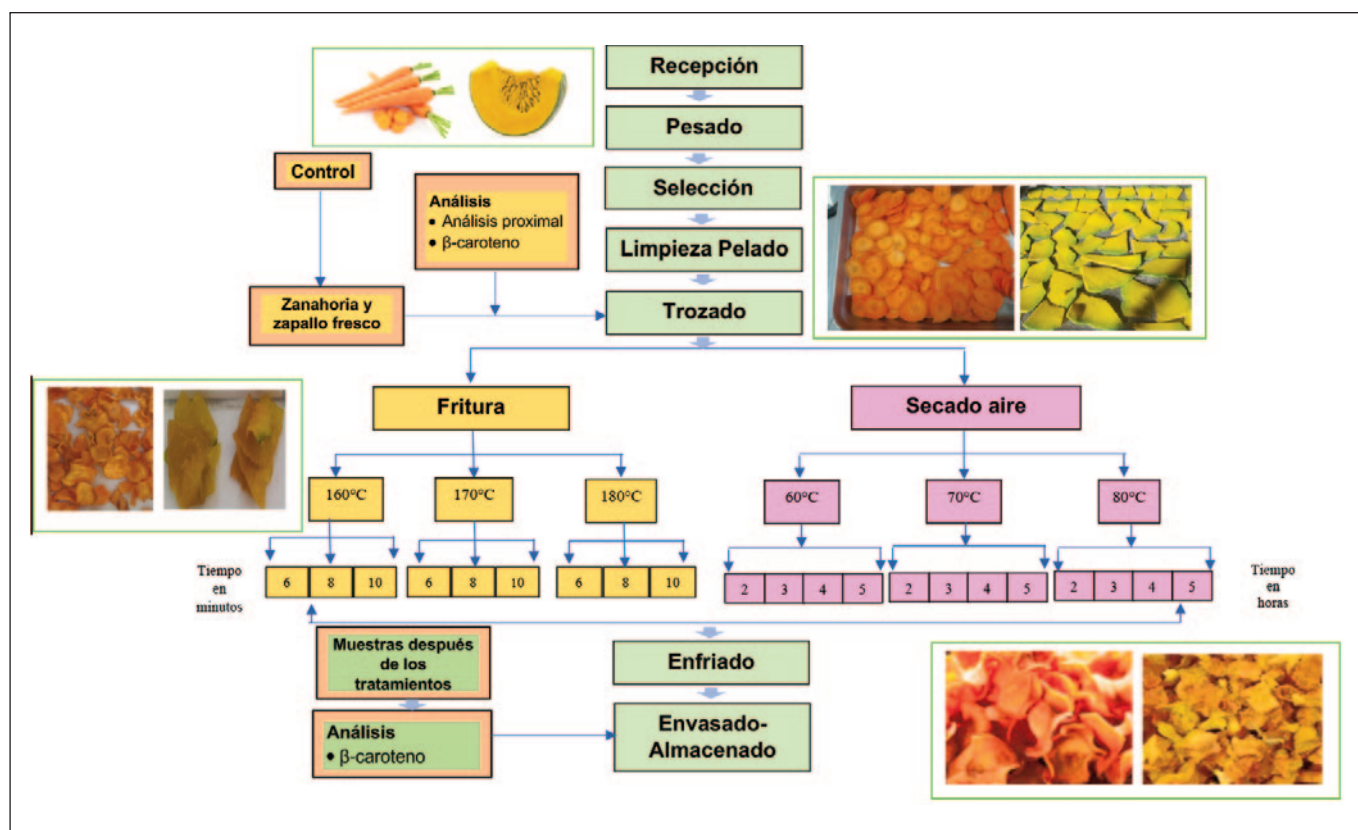


Figura 1. Esquema experimental

con tapa. Este procedimiento se repitió dos veces. La absorbancia del extracto se determinó a una longitud de onda de 450 nm en un espectrofotómetro UV/VIS.

Cada muestra correspondiente a los tratamientos de zanahoria y zapallo fue procesada por triplicado, y los resultados experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) para determinar qué factores tuvieron un efecto estadísticamente significativo. Se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (HSD) para identificar qué medias presentaban diferencias significativas entre sí, considerando un nivel de significancia de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Análisis proximal de la materia prima: zanahoria y zapallo

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos del análisis proximal de las materias primas zanahoria y zapallo, en relación con el contenido de humedad en zanahoria (88,85 %) y el contenido de carbohidratos (9,10 %), los cuales coinciden con los valores reportados por Barzee *et al.*⁸, quienes señalan que las zanahorias presentan típicamente entre 86 % y 89 % de humedad y entre 6 % y 10,6 % de carbohidratos. En cuanto al contenido de fibra, cenizas, grasa y proteína, los va-

Tabla 1. Análisis proximal de zanahoria y zapallo

Análisis de	Unid.	Resultado	
		Zanahoria*	Zapallo*
Humedad	%	88.85	80.85
Cenizas	%	0.71	0.68
Grasa	%	0.13	0.24
Proteína (X 6,25)	%	0.49	0.81
Fibra	%	0.72	1.22
Carbohidratos	%	9.10	16.20
Energía	Kcal/100g	40.97	72.64

*Análisis proximal de las materias primas utilizadas en la investigación.

lores obtenidos se encuentran por debajo de los indicados por Barzee *et al.*⁸, quienes reportan rangos entre 1,2 % a 2,8 % para fibra, 1,1 % para cenizas, 0,2 % a 0,5 % para grasa, y entre 0,7 % a 0,93 % para proteína.

Según el trabajo de Kulczyński *et al.*¹⁴, que realizó un análisis comparativo del potencial antioxidante de 14 cultivares de zapallo de la especie *Cucurbita maxima*, el contenido de humedad varió desde un valor máximo de 94,85 % hasta un mínimo de 78,76 %. El contenido de humedad de nuestra muestra (80,85 %) se encuentra dentro de este rango. En el estudio realizado por Cardozo *et al.*¹⁸, se reportó un contenido de humedad en la pulpa de *C. maxima* de 92,70 %, un valor superior al obtenido en nuestra variedad (80,85 %), y valores similares en cuanto al contenido de fibra, cenizas, grasa y proteína, es decir, 2 %, 0,64 %, 0,173 % y 0,68 %, respectivamente. Cabe destacar que en nuestra variedad se observó un mayor contenido de carbohidratos (16,20 %) en comparación con el valor de 3,81 % reportado por Cardozo *et al.*¹⁸. Estas diferencias observadas, como ocurre en muchos otros alimentos de origen vegetal, indican que el contenido nutricional depende de la variedad, las condiciones climáticas en las que se cultiva, el estado de madurez y el manejo agronómico del cultivo.

Contenido de β -caroteno en zanahoria y zapallo frescos

Los resultados del contenido de β -caroteno en pulpa fresca de zanahoria y zapallo se presentan en la Tabla 2. En la pulpa de zanahoria fresca se obtuvo un valor de 7,91 mg de β -caroteno/100 g de muestra, el cual es superior al reportado por Barzee *et al.*⁸ en la composición bioquímica de zanahoria cruda, con un valor de 5,33 mg/100 g de muestra. Resultados similares han sido reportados por González-Peña *et al.*⁹, con rangos de $6,00 \pm 0,39$ a $12,52 \pm 0,49$; de 2,00 a 10,00; y de hasta 14,82 mg de β -caroteno/100 g para zanahorias frescas.

Tabla 2. Contenido de β caroteno en zanahoria y zapallo frescos

Muestra	Carotenoide (mg of β -caroteno/100 g)
Zanahoria	7.91 $\pm$ 0.06
Zapallo	3.96 $\pm$ 0.11

En cuanto a la pulpa de zapallo, presentó un contenido de β -caroteno de $3,96 \pm 0,11$ mg/100 g de muestra. El contenido de carotenoides en la pulpa difiere de los valores reportados por Márquez Cardoso *et al.*¹⁸, quienes informaron $4,11 \pm 1,6$ mg de β -caroteno/g (base seca), y del valor señalado por Jacobo-Valenzuela *et al.*¹⁹ para *C. moschata*, con un valor máximo de 4,79 y un mínimo de 1,32 mg de β -caroteno/g (base seca).

Estas diferencias en los contenidos de ambas matrices alimentarias están estrechamente relacionadas con factores de estrés biótico y abiótico²⁰, así como con el efecto del genotipo, factores climáticos (temperatura, luz), tipo de suelo, época de cosecha, tamaño del fruto, efectos postcosecha y de almacenamiento, y tecnologías de procesamiento⁹.

Efecto del tiempo y temperatura de secado sobre el contenido de β -caroteno en muestras de zanahoria y zapallo

El contenido de β -caroteno en las muestras de zanahoria y zapallo sometidas a secado a diferentes temperaturas y tiempos se presenta en las Tablas 3. Los valores iniciales para las

Tabla 3. Efecto del tiempo y la temperatura de secado sobre el contenido de β caroteno (mg de β caroteno/100 g) en muestras de zanahoria y zapallo

Temperatura (°C)	Tiempo de secado (H) Muestra de zanahoria			
	2	3	4	5
60	1.984 $\pm$ 0.004 ^{cC}	2.050 $\pm$ 0.003 ^{bB}	1.855 $\pm$ 0.001 ^{dC}	3.797 $\pm$ 0.003 ^{aB}
70	2.866 $\pm$ 0.005 ^{cB}	1.699 $\pm$ 0.002 ^{dC}	3.655 $\pm$ 0.001 ^{bA}	3.922 $\pm$ 0.010 ^{aA}
80	4.517 $\pm$ 0.016 ^{aA}	3.133 $\pm$ 0.008 ^{cA}	3.084 $\pm$ 0.004 ^{dB}	3.463 $\pm$ 0.005 ^{bC}
Temperatura (°C)	Tiempo de secado (H) Muestra de zapallo			
	2	3	4	5
60	1.290 $\pm$ 0.002 ^{cC}	0.813 $\pm$ 0.001 ^{dC}	1.858 $\pm$ 0.001 ^{bB}	1.907 $\pm$ 0.001 ^{aB}
70	1.904 $\pm$ 0.004 ^{aB}	1.879 $\pm$ 0.002 ^{bB}	1.761 $\pm$ 0.004 ^{dC}	1.833 $\pm$ 0.006 ^{cC}
80	3.386 $\pm$ 0.003 ^{aA}	2.134 $\pm$ 0.005 ^{dA}	3.165 $\pm$ 0.008 ^{bA}	2.816 $\pm$ 0.004 ^{cA}

Los resultados corresponden al promedio $\pm$ desviación estándar. Las letras minúsculas en superíndice indican diferencia significativa entre columnas (prueba de Tukey, $p < 0,05$), mientras que las letras mayúsculas en superíndice indican diferencia significativa entre filas (prueba de Tukey, $p < 0,05$).

muestras frescas de zanahoria y zapallo fueron de $7,91 \pm 0,06$ y $3,96 \pm 0,11$ mg/100 g, respectivamente. Las muestras de zanahoria secadas a 60 y 70 °C presentaron sus niveles más altos de β -caroteno después de 5 horas, mientras que aquellas secadas a 80 °C mostraron una disminución del contenido con el tiempo hasta las 4 horas, tras lo cual la concentración aumentó, aunque sin alcanzar el valor inicial.

En el caso del zapallo, el comportamiento de las muestras secadas a 60 °C fue similar al observado en las zanahorias a la misma temperatura y a 70 °C. Las muestras de zapallo secadas a 70 °C y 80 °C mostraron un comportamiento similar al de las zanahorias tratadas a esas mismas temperaturas.

En las muestras de zanahoria se observó que los tiempos de secado más cortos (2 y 3 horas) a la temperatura más alta (80 °C) resultaron en los valores más altos de β -caroteno. En cambio, en el caso del zapallo, se observó que las muestras secadas a la temperatura más alta presentaron los valores más altos en todos los tiempos evaluados.

Efecto del tiempo y la temperatura de fritura sobre el contenido de β -caroteno en muestras de zanahoria y zapallo

Las Tablas 4 muestra el efecto de la combinación de temperatura (160 °C, 170 °C y 180 °C) y tiempo de fritura (6, 8 y 10 minutos) como variables de proceso sobre el contenido de β -caroteno en muestras fritas de zanahoria y zapallo. Los resultados muestran una tendencia general a la disminución del contenido de β -caroteno en comparación con el conte-

nido inicial. Las muestras de zanahoria fritas a 170 y 180 °C presentaron el mayor contenido de β -caroteno después de freír durante 8 minutos, mientras que aquellas fritas a menor temperatura (160 °C) requirieron más tiempo (10 minutos). En las muestras de zapallo, el menor tiempo de fritura (6 minutos) resultó en los valores más altos. La temperatura más baja (160 °C) produjo los valores más altos para frituras de 6 y 10 minutos, mientras que la más alta (180 °C) mostró valores menores. El promedio de β -caroteno por temperatura indica que, en general, la fritura reduce los niveles de este carotenoide en ambos vegetales, con una disminución más pronunciada en la zanahoria que en el zapallo. Esto sugiere que la respuesta del β -caroteno a la fritura puede variar entre diferentes tipos de vegetales.

DISCUSIÓN

En relación al efecto del tiempo y la temperatura de secado sobre el contenido de β -caroteno en muestras de zanahoria y zapallo, se observa una disminución general en el contenido de β -caroteno en comparación con las zanahorias frescas para las diferentes combinaciones de tiempo y temperatura de secado. De manera similar, en la investigación desarrollada por Quispe *et al.*⁵, quienes evaluaron la capacidad antioxidante del néctar de ungurahui (*Oenocarpus bataua*) durante las etapas de elaboración (selección, precocción, estandarización y producto final) complementado con un análisis fitoquímico se evidenció una reducción de la capacidad antioxidante desde la etapa de selección (4,61 mg/g) hasta el producto final (0,89 mg/g), siendo la precocción la etapa con mayor im-

Tabla 4. Efecto del tiempo y la temperatura de fritura sobre el contenido de β caroteno (mg de β caroteno/100 g) en muestras de zanahoria y zapallo

Temperatura (°C)	Tiempo de fritura (min) Muestra de zanahoria		
	6	8	10
160	0.851 $\pm$ 0.002 ^{cC}	1.982 $\pm$ 0.001 ^{bC}	2.384 $\pm$ 0.006 ^{aA}
170	1.423 $\pm$ 0.008 ^{cB}	2.920 $\pm$ 0.012 ^{aA}	1.659 $\pm$ 0.007 ^{bC}
180	2.046 $\pm$ 0.007 ^{bA}	2.634 $\pm$ 0.006 ^{aB}	1.978 $\pm$ 0.004 ^{cB}
Temperatura (°C)	Tiempo de fritura (min) Muestra de zapallo		
	6	8	10
160	1.173 $\pm$ 0.004 ^{aA}	0.781 $\pm$ 0.003 ^{cB}	1.000 $\pm$ 0.003 ^{bA}
170	1.029 $\pm$ 0.006 ^{aC}	0.845 $\pm$ 0.003 ^{bA}	0.858 $\pm$ 0.004 ^{bB}
180	1.105 $\pm$ 0.004 ^{aB}	0.743 $\pm$ 0.004 ^{cC}	0.830 $\pm$ 0.003 ^{bC}

Los resultados corresponden a la media $\pm$ desviación estándar. Las letras minúsculas como superíndice indican diferencia significativa entre columnas (prueba de Tukey, $p < 0.05$), mientras que las letras mayúsculas como superíndice indican diferencia significativa entre filas (prueba de Tukey, $p < 0.05$).

pacto negativo. Este efecto se atribuye principalmente a la degradación de compuestos fenólicos, flavonoides y otros metabolitos secundarios de naturaleza termolábil, cuya pérdida se acentúa durante la pasteurización y el procesamiento térmico.

Sin embargo, en nuestro caso se pudo observar que, a 80 °C la reducción de β -caroteno fue menor que a 60 °C, lo que sugiere una posible relación con los cambios en el contenido de agua. Goula y Adamopoulos²¹ señalan que el agua actúa como un solvente para los nutrientes esenciales presentes en el producto, y a medida que se elimina, se incrementa la concentración de dichos compuestos. Además, indican que ciertos compuestos solubles en agua pueden desempeñar un papel catalítico en los procesos de descomposición. Sin embargo, estos efectos catalíticos disminuyen considerablemente conforme se reduce la humedad. Durante el secado, la temperatura del producto aumenta y la actividad de agua disminuye; por lo tanto, inicialmente, la tasa de degradación puede incrementarse cuando predomina el efecto de la temperatura, mientras que posteriormente puede disminuir cuando la menor actividad de agua se convierte en el factor dominante²². Otro aspecto a considerar es la bioaccesibilidad de los fitoquímicos en los alimentos. Según Schieber y Weber²³, las etapas de procesamiento como el calor o la homogeneización contribuyen significativamente a la liberación de carotenoides presentes en la matriz alimentaria. Schweiggert y Carle²³ mencionan que la biodisponibilidad de los carotenoides se ve notoriamente influenciada por las etapas de procesamiento y preparación aplicadas. En el estudio de Knockaert *et al.*²⁴, que evaluó el efecto de la homogeneización a alta presión sobre el β -caroteno en puré de zanahoria a 10, 50 y 100 MPa, se observó que el aumento de la presión de homogeneización tuvo un efecto positivo sobre la bioaccesibilidad *in vitro* del β -caroteno, y se evidenció que la cantidad de β -caroteno bioaccesible se duplicó tras la homogeneización a 100 MPa. Esta mejora en la bioaccesibilidad *in vitro* del β -caroteno después de la homogeneización a alta presión podría estar relacionada con los cambios estructurales observados en los purés de zanahoria.

En el caso de las muestras de zapallo, el análisis de los datos (Tabla 3) muestra que la concentración de β -caroteno varía según la combinación de temperatura y tiempo de secado utilizados. Se observa un rango que va desde $0,813 \pm 0,17$ mg de β -caroteno hasta $3,386 \pm 0,08$ mg de β -caroteno, correspondientes a las condiciones de 60 °C durante 2 horas y 80 °C durante 2 horas, respectivamente. El estudio realizado por Mbondo *et al.*²⁵ se centró en investigar cómo diferentes métodos de secado afectan la retención de compuestos bioactivos en berenjena africana, utilizando el método de secado al vacío a tres temperaturas diferentes (50, 60 y 70 °C) y una presión de 60 mbar. Los resultados revelaron que la mayor retención de β -caroteno (91,93 %) se observó en el secado al vacío a 70 °C, específicamente en la variedad *manyire green*, mientras que la retención más baja fue del 7,63 %, observada después

del secado en horno a 60 °C. En el trabajo de Chang *et al.*²⁶, que comparó las propiedades antioxidantes de tomates frescos, liofilizados y secados por aire caliente, se observó que el proceso de secado por aire caliente incrementó significativamente el contenido de licopeno de los tomates frescos. El proceso térmico puede romper las paredes celulares y debilitar las fuerzas de unión entre el licopeno y la matriz tisular, haciendo que el licopeno sea más accesible y, por lo tanto, aumentando su contenido durante el secado por aire caliente de los tomates²⁶. En el caso de la zanahoria y el zapallo, aunque ambas son reconocidas por su contenido de β -caroteno, la bioaccesibilidad puede diferir debido a características específicas, como la estructura de la matriz alimentaria, y no necesariamente es la misma en ambos vegetales.

En la investigación desarrollada por Veda *et al.*²⁷, que evaluó el efecto del tratamiento térmico sobre la bioaccesibilidad de β -caroteno en vegetales como la zanahoria y el zapallo, se observó que, entre los tres métodos de cocción empleados, el salteado presentó el mayor incremento en el porcentaje de bioaccesibilidad, con aumentos del 81% y 67% en zanahoria y zapallo, respectivamente. En ambas matrices alimentarias, se registró un incremento en la recuperación de β -caroteno al aumentar la temperatura de fritura de 160 °C a 180 °C, en comparación con el contenido inicial (7.910 ± 0.06 y 3.962 ± 0.11 mg β -caroteno en zanahoria y zapallo, respectivamente). Estos resultados sugieren que, aunque la fritura afecta el contenido de β -caroteno, el uso de temperaturas más altas podría favorecer una mayor recuperación relativa. Este ligero aumento probablemente se deba a la combinación de dos mecanismos: (i) el ablandamiento de las estructuras tisulares inducido por la breve exposición a altas temperaturas (180 °C), que facilitaría la extracción de carotenoides ligados a las células, y (ii) la presencia de grasa durante el tratamiento, que podría mejorar la solubilidad de los carotenoides durante el proceso térmico²⁸. Los hallazgos reportados por Cardona y López²⁹, quienes evaluaron la elaboración de compotas a base de ahuyama (*Cucurbita máxima*) y zanahoria (*Daucus carota*) procesadas mediante ultrapasteurización (UHT), aunque dicho trabajo no analizó específicamente carotenoides, las autoras señalaron que estas matrices vegetales fueron seleccionadas por ser fuentes de vitaminas y antioxidantes, lo que indirectamente sugiere la presencia de β -caroteno observaron que este tratamiento térmico no afectó negativamente las propiedades nutricionales de los productos finales. Con base en los resultados obtenidos, podría recomendarse ajustar la temperatura y el tiempo de fritura, buscando un equilibrio entre la retención de nutrientes y las características organolépticas deseadas del producto final.

Estadísticamente, es evidente que estos factores tienen un efecto significativo en los resultados del estudio, influyendo en la retención de β -caroteno respecto al contenido inicial en la muestra fresca. Las diferencias en la cantidad de β -caroteno re-

tenido en zanahoria y zapallo, bajo el mismo método de procesamiento (fritura), podrían atribuirse a la distinta susceptibilidad al tratamiento térmico como consecuencia de las características propias de la matriz vegetal que afectan la degradación del compuesto. Aunque el análisis estadístico confirma la influencia significativa de la temperatura y el tiempo de fritura en el contenido de β -caroteno, es fundamental equilibrar estos hallazgos con las preferencias organolépticas que determinan la calidad sensorial del producto.

CONCLUSIONES

La evaluación del contenido de β -caroteno después de los tratamientos de secado y fritura evidencia que la temperatura y el tipo de procesamiento influyen directamente en su retención.

En zanahoria y zapallo, el secado a 80 °C reduce de manera más eficiente la pérdida de β -caroteno (3,549 mg/100 g; 2,875 mg/100 g respectivamente) respecto a 60 °C (2,421 mg/100 g; 1,467 mg/100 g respectivamente), sugiriendo que temperaturas moderadamente elevadas favorecen su conservación.

En el proceso de fritura, se observa un ligero aumento en la retención de β -caroteno conforme aumenta la temperatura (1,7387 mg/100 g, 2,0005 mg/100 g y 2,2119 mg/100 g para zanahoria frita; y 0,9845 mg/100 g, 0,9110 mg/100 g y 0,8925 mg/100 g para el zapallo frito), aunque en niveles menores que los observados en el secado.

Por lo tanto, conocer estos parámetros de proceso resulta fundamental en el ámbito doméstico, la restauración y la industria, donde la zanahoria y el zapallo son ampliamente utilizadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el apoyo financiero brindado para esta investigación bajo el Contrato de Subvención N°04-2019-UNSA.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballco P, Gracia A. Tackling nutritional and health claims to disentangle their effects on consumer food choices and behaviour: A systematic review. *Food Quality and Preference*. 2022; 101: 104634 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104634>
- Saba A, Sinesio F, Moneta E, Dinnella C, Laureati M, Torri L, et al. Measuring consumers attitudes towards health and taste and their association with food-related life-styles and preferences. *Food Quality and Preference*. 2019; 73:25-37. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.017>
- Appleton KM, Dinnella C, Spinelli S, Morizet D, Saulais L, Hemingway A, et al. Consumption of a High Quantity and a Wide Variety of Vegetables Are Predicted by Different Food Choice Motives in Older Adults from France, Italy and the UK. *Nutrients*. 2017;9(9):E923. <https://doi.org/10.3390/nu9090923>
- Pem D, Jeewon R. Fruit and Vegetable Intake: Benefits and Progress of Nutrition Education Interventions- Narrative Review Article. *Iran J Public Health*. 2015;44(10):1309-21. PMC4644575
- Quispe-Herrera R, Belizario-Ferrel JC, Quispe-Solís JC, Quispe-Solís H, Paredes-Valverde Y, Cahuana-Mamani P, et al. Capacidad antioxidante del néctar de ungurahú (*Oenocarpus bataua*). *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2022; 42(01). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/209>
- Tanumihardjo SA. Carotenoids: Health Effects. En: Caballero B, editor. *Encyclopedia of Human Nutrition* (Third Edition). Waltham: Academic Press. 2013. p. 292-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00045-3>
- Murray MT, Capelli B. 57 - Beta-Carotene and Other Carotenoids. En: Pizzorno JE, Murray MT, editores. *Textbook of Natural Medicine* (Fifth Edition). St. Louis (MO): Churchill Livingstone; 2020 [citado 25 de mayo de 2022]. p. 443-450.e2. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-43044-9.00057-1>
- Barzee TJ, El- Mashad HM, Zhang R, Pan Z. Chapter 12 - Carrots. En: Pan Z, Zhang R, Zicari S, editores. *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* [Internet]. Academic Press; 2019 [citado 18 de febrero de 2022]. p. 297-330. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00012-5>
- González-Peña MA, Lozada-Ramírez JD, Ortega-Regules AE. Carotenoids from mamey (*Pouteria sapota*) and carrot (*Daucus carota*) increase the oxidative stress resistance of *Caenorhabditis elegans*. *Biochemistry and Biophysics Reports*. 2021; 26:100989. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2021.100989>
- Lerfall J. Carotenoids: Occurrence, Properties and Determination. En: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F, editores. *Encyclopedia of Food and Health*. Oxford: Academic Press; 2016; p. 663-9. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00119-7>
- Knockaert G, Puliserry SK, Lemmens L, Van Buggenhout S, Hendrickx M, Van Loey A. Isomerisation of carrot β -carotene in presence of oil during thermal and combined thermal/high pressure processing. *Food Chemistry*. 2013;138(2):1515-20. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.080>
- Xanthopoulou MN, Nomikos T, Fragopoulou E, Antonopoulou S. Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Research International*. 2009; 42(5):641-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.02.003>
- Hussain A, Kausar T, Sehar S, Sarwar A, Ashraf AH, Jamil MA, et al. A Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits. *Food Chemistry Advances*. 2022; 1:100067. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100067>
- Kulczyński B, Gramza-Michałowska A, Królczyk JB. Optimization of Extraction Conditions for the Antioxidant Potential of Different Pumpkin Varieties (*Cucurbita maxima*). *Sustainability*. 2020; 12(4):1305. <https://doi.org/10.3390/su12041305>
- Paris HS, DAUNAY MC, PITRAT M, JANICK J. First Known Image of *Cucurbita* in Europe, 1503–1508. *Annals of Botany*. 2006; 98(1):41-7. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl082>

16. Nayak B, Liu RH, Tang J. Effect of Processing on Phenolic Antioxidants of Fruits, Vegetables, and Grains—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015; 55(7):887-918. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.654142>
17. Biswas AK, Sahoo J, Chatli MK. A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. *LWT - Food Science and Technology*. 2011; 44(8):1809-13. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.017>
18. Márquez Cardozo CJ, Molina Hernández D, Caballero Gutiérrez BL, Ciro Velásquez HJ, Restrepo Molina DA, Correa Londoño G, et al. Physical, physiological, physicochemical and nutritional characterization of pumpkin (*Cucurbita maxima*) in postharvest stage cultivated in Antioquia-Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2021; 74(3):9735-44. <http://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.90820>
19. Jacobo-Valenzuela N, Zazueta-Morales J de J, Gallegos-Infante JA, Aguilar-Gutierrez F, Camacho-Hernandez IL, Rocha-Guzman NE, et al. Chemical and Physicochemical Characterization of Winter Squash (*Cucurbita moschata* D.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2011; 39(1):34-40. <http://doi.org/10.15835/nbha3915848>
20. Karabacak C, Karabacak H. FACTORS AFFECTING CAROTENOID AMOUNT IN CARROTS (*Daucus Carota*). *E-journal of New World Sciences Academy*. 2019; 14:29-39. DOI:10.12739/NWSA.2019.14.2.5A0113
21. Goula AM, Adamopoulos KG. Kinetic Models of β -Carotene Degradation During Air Drying of Carrots. *Drying Technology*. 2010; 28(6):752-61. <http://doi.org/10.1080/07373937.2010.482690>
22. Eim VS, Urrea D, Rosselló C, García-Pérez JV, Femenia A, Simal S. Optimization of the Drying Process of Carrot (*Daucus carota* v. Nantes) on the Basis of Quality Criteria. *Drying Technology*. 2013; 31(8):951-62. <http://doi.org/10.1080/07373937.2012.707162>
23. Schieber A, Weber F. 5 - Carotenoids. En: Carle R, Schweiggert RM, editores. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages* [Internet]. Woodhead Publishing; 2016; p. 101-23. (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00005-1>
24. Knockaert G, Lemmens L, Van Buggenhout S, Hendrickx M, Van Loey A. Changes in β -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree. *Food Chemistry*. 2012; 133(1):60-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.066>
25. Mbondo NN, Owino WO, Ambuko J, Sila DN. Effect of drying methods on the retention of bioactive compounds in African eggplant. *Food Sci Nutr*. 2018; 6(4):814-23. doi: 10.1002/fsn3.623
26. Chang CH, Lin HY, Chang CY, Liu YC. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*. 2006; 77(3):478-85. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061>
27. Veda S, Platel K, Srinivasan K. Enhanced bioaccessibility of β -carotene from yellow-orange vegetables and green leafy vegetables by domestic heat processing. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010; 45(10):2201-7. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02385.x>
28. Schmiedeskamp A, Schreiner M, Baldermann S. Impact of Cultivar Selection and Thermal Processing by Air Drying, Air Frying, and Deep Frying on the Carotenoid Content and Stability and Antioxidant Capacity in Carrots (*Daucus carota* L.). *J Agric Food Chem*. 2022; 70(5):1629-39. <http://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05718>
29. Cardona M, López B. Desarrollo de una compota autóctona e inocua para lactante de 6 a 12 meses utilizando como método de higienización la Ultrapasteurización. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2020; 40(2):25-31. <https://doi.org/10.12873/402cardona>

Impacto de la altitud geográfica en el estado nutricional y antropométrico de gestantes en el Perú: evidencias para una política materna contextualizada

Impact of geographic altitude on the nutritional and anthropometric status of pregnant women in Peru: evidence for a contextualized maternal policy

Luis BAQUERIZO-SEDANO^{1,2,3}, José A. CHAQUILA^{3,4,5}, Carlos TORRES-SALINAS^{3,6}, Pedro GONZÁLEZ-MUNIESA^{2,7,8,9}

1. Universidad Privada del Norte, Lima, Peru.

2. University of Navarra, Fac Pharm & Nutr, Dept of Nutr Food Sci and Physiol, Pamplona, Spain.

3. Sociedad Peruana de Nutrición, Lima, Peru.

4. Instituto de Investigación Nutricional, Lima, Peru.

5. San Ignacio de Loyola University, Research Group on Public Nutrition and Nutritional Food Security, Lima, Peru.

6. Universidad Continental, EAP Medicina Humana, Perú.

7. University of Navarra, Center for Nutrition Research, Pamplona, Spain.

8. IDISNA – Navarra Institute for Health Research, Pamplona, Spain.

9. CIBER Physiopathology of Obesity and Nutrition (CIBERObn), Carlos III Health Institute (ISCIII), Madrid, Spain.

Recibido: 29/julio/2025. Aceptado: 5/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El índice de masa corporal pre gestacional (IMCPG) y la ganancia de peso gestacional (GPG) son variables claves en el crecimiento y desarrollo intrauterino adecuado. También, se conoce el impacto de la altitud, particularmente la hipoxia hipobárica sobre el funcionamiento del cuerpo, pero aún quedan interrogantes sobre su impacto durante la gestación.

Objetivo: Comparar el IMCPG y la GPG para cada mes entre niveles de altitud geográfica según lugar de residencia.

Métodos: Esta investigación descriptiva de corte transversal analizó los datos del Sistema de Información del Estado Nutricional de niños y gestantes del Perú, 2024, con una muestra final de 243587 gestantes. Se realizaron 4 clasificaciones de altitud (msnm): <1500; 1500 – 2499; 2500 – 3499; ≥ 3500. El análisis estadístico incluyó frecuencias absolutas y relativas y medidas de tendencia central. Para establecer dife-

rencias entre los grupos, se realizó un análisis de varianza con comparaciones múltiples post hoc y un ajuste de Bonferroni.

Resultados: El 55.8% tuvo un elevado IMCPG (>24.9 kg/m²), se incrementó el porcentaje de gestantes con peso normal y disminuyó el porcentaje gestantes con obesidad conforme aumentó la altitud. Existe una concordancia en la ganancia de peso y la edad gestacional y una relación inversa entre el IMCPG y la GPG. Para el noveno mes, en las categorías de sobrepeso y obesidad, el rango de menor altitud tuvo una significativa menor ganancia de peso en comparación a las otras altitudes.

Conclusión: La evaluación antropométrica nutricional presentó un mayor IMCPG y una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad pregestacional en población de baja altitud respecto a la población de elevada altitud. No se encontró una clara evidencia respecto a la GPG distinta entre los niveles de altitud considerando la categoría de IMCPG. Es fundamental una política materna de salud pública contextualizada durante todo el proceso.

PALABRAS CLAVE

Hipoxia, sobrepeso, obesidad, ganancia de peso gestacional, gestantes peruanas.

Correspondencia:

Pedro González-Muniesa
pgonmun@unav.es

ABSTRACT

Introduction: Pre-gestational body mass index (PGBMI) and gestational weight gain (GWG) are key variables in adequate intrauterine growth and development. The impact of altitude, particularly hypobaric hypoxia, on bodily functioning is well known, but questions remain about its impact during pregnancy.

Objective: To compare the IMCPG and the GPG for each month across different levels of geographical altitude according to place of residence.

Methods: This cross-sectional descriptive study analyzed the data from the Nutritional Status Information System for children and pregnant women in Peru, 2024, with a final sample of 243 587 pregnant women. Four altitude classifications (masl) were made: <1500; 1500–2499; 2500–3499; ≥ 3500. The statistical analysis included absolute and relative frequencies and measures of central tendency. To establish differences between the groups, an analysis of variance was performed with multiple post hoc comparisons and a Bonferroni adjustment.

Results: 55.8% had a high IMCPG (>24.9 kg/m²), the percentage of pregnant women with normal weight increased, and the percentage of pregnant women with obesity decreased as altitude increased. There is a correlation between weight gain and gestational age and an inverse relationship between IMCPG and GPG. By the ninth month, in the overweight and obese categories, the lower altitude range had significantly lower weight gain compared to the other altitudes.

Conclusion: Nutritional anthropometric assessment showed a higher IMCPG and a higher prevalence of pre-pregnancy overweight and obesity in the low-altitude population compared to the high-altitude population. No clear evidence was found regarding different GPG between altitude levels considering the IMCPG category. A contextualized maternal public health policy throughout the process is essential.

KEYWORDS

Hypoxia, overweight, obesity, gestational weight-gain, peruvian pregnant.

INTRODUCCIÓN

La nutrición adecuada es esencial para lograr un óptimo estado de salud, especialmente en la primera etapa de la vida, la gestación y la infancia. El estado nutricional depende del equilibrio entre la alimentación y los nutrientes que provea y las demandas propias del organismo, cuando se altera el balance, se desarrolla un estado de malnutrición, ya sea por exceso o por deficiencia¹. Este proceso homeostático es dinámico, adaptativo y altamente sensible a los factores ambientales. A nivel de salud pública, la Organización Mundial

de la Salud (OMS) tiene como visión lograr que todas las mujeres gestantes y recién nacidos de todo el mundo puedan recibir una adecuada atención y de calidad durante el periodo de embarazo, proceso del parto y el periodo posterior al nacimiento².

A lo largo del ciclo vital, los requerimientos nutricionales se modifican en función de los cambios fisiológicos y metabólicos propios de cada etapa. Durante el embarazo, una condición extrema fisiológica no patológica de gran demanda energética y nutricional, se desencadenan múltiples adaptaciones sistémicas que tienen como objetivo optimizar el soporte nutricional fetal y mantener la homeostasis materna, favoreciendo así el adecuado crecimiento y desarrollo intrauterino, así como la salud de la gestante^{3,4}.

Respecto a la evaluación de la gestante, a nivel antropométrico nutricional, el índice de masa corporal pre gestacional (IMCPG), es uno de los factores de fácil acceso en toda la población y a partir de ello se monitoriza la ganancia de peso en el embarazo. De igual manera, la ganancia de peso gestacional (GPG) está directamente relacionada a los resultados perinatales, debido a que una ganancia de peso óptima durante la etapa de gestación se encuentra asociada a un menor riesgo tanto para la salud de la madre como la del bebé, durante la gestación y en el momento del parto⁵. Actualmente, existen intervalos de recomendación de ganancia de peso según el IMC pre gestacional de la mujer. A pesar de ello, poco se llegó a explorar sobre en qué medida la altitud geográfica puede relacionarse con el índice de masa corporal pre gestacional e influir en este proceso⁶.

La altitud geográfica, expresada en metros sobre el nivel del mar (m) es un factor que afecta el metabolismo y las respuestas fisiológicas de los seres humanos⁷. En contextos de gran altitud, donde se experimenta hipoxia hipobárica crónica, la fisiología materna sufre una serie de adaptaciones cardiovasculares, hematológicas y metabólicas orientadas a optimizar el suministro de oxígeno al feto. Estas adaptaciones no solo son funcionales, sino también moleculares y bioquímicas. Por ejemplo, se ha descrito un aumento en la expresión de factores inducibles por hipoxia como el HIF-1α (*Hypoxia-Inducible Factor 1-alpha*), que modula la angiogénesis placentaria, el metabolismo de la glucosa y la eritropoyesis, favoreciendo la compensación frente al déficit de oxígeno⁸.

Estas condiciones fisiológicas particulares en la altitud tienen implicancias antropométricas relevantes. Tal es así, que, en la década de los cincuenta del siglo pasado, un estudio demostró que los neonatos nacidos en Leadville, Colorado (3100 m) presentaban un peso al nacer significativamente menor, sin que se redujera la edad gestacional⁹. Este patrón se ha replicado en diversas poblaciones del altiplano sudamericano, donde los nacimientos con menor peso respecto a la edad gestacional pueden ser entendida también como una expresión adaptativa al

entorno¹⁰; salvo aquellos que tengan demostrado una alteración en la flujometría Doppler antenatal. Sin embargo, la evidencia sobre cómo estas variables afectan específicamente el estado nutricional materno y la ganancia ponderal durante el embarazo es escasa, especialmente en países con diversidad altitudinal como el Perú.

Considerando que el Perú posee regiones costeras, interandinas y de altiplano hasta por encima de los 5000 m, se vuelve imperativo estudiar el efecto de la altitud sobre los patrones nutricionales maternos. Esta información no solo es necesaria para optimizar la atención prenatal, sino también para adaptar las políticas públicas de salud materna a contextos geográficos específicos, donde los estándares antropométricos y de ganancia de peso podrían requerir ajustes diferenciados. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el estado nutricional y antropométrico de gestantes atendidas en establecimientos del Ministerio de Salud del Perú durante el año 2024 y de ese modo generar evidencia que contribuya al desarrollo de estrategias de intervención nutricional y sanitaria adaptadas a los distintos contextos altitudinales del país.

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal mediante un análisis de datos secundarios de la información proporcionada por el Sistema de Información del Estado Nutricional (SIEN). EL SIEN recopila información sobre el estado nutricional de niños, adolescentes y gestantes que son atendidos en el primer nivel de atención de todos los establecimientos de salud del Perú (tres regiones geográficas: costa, sierra y selva; 24 departamentos más una provincia constitucional) que pertenecen al Ministerio de Salud (MINSA). Desde el 2003 el SIEN proporciona esta información, la cual es empleada para la toma de decisiones en políticas sanitarias en el País¹¹. La información proporcionada contiene mediciones antropométricas, características demográficas y resultados del dosaje de hemoglobina.

Población y muestra

Se empleó la información de las mujeres gestantes que fueron atendidas en los establecimientos de salud de todo el Perú entre enero-diciembre del año 2024. Dado que el SIEN recopila información de todos los atendidos en los establecimientos de atención pública del MINSA, no se realizó un cálculo de tamaño muestral, por ello se consideró como un muestreo de tipo censal. No se consideraron atenciones en ESSALUD o en el sistema privado de salud. Como criterios de exclusión se consideraron gestantes menores de 18 años y mayores de 40 años para contar con homogeneidad fisiológica y menor riesgo de sesgos por extremos reproductivos, gestantes con información incompleta sobre las variables de interés (peso pregestacional, peso actual, talla y edad gestacional) y gestantes con valores atípicos en las variables con-

tinuas, las cuales fueron definidas en base a un criterio estadístico estableciendo rangos intercuartílicos, excluyendo a quienes se encontraban por debajo o por encima del límite inferior o superior (por los posibles errores de medición y digitación que se presentaron como datos extremos, ej. ganancia de peso de 50 kg). Se consideró este criterio debido a la falta de un consenso clínico para establecer valores atípicos en las variables de interés, excluyendo al 4% de la muestra (*outliers*). La muestra final estuvo conformada por 243587 gestantes.

Variables

Para determinar el estado nutricional de las gestantes, se calculó el índice de masa corporal (IMC, kg/m²) y se establecieron cuatro clasificaciones: Bajo peso: $\leq 18,5$, Peso normal: $> 18,5$ a $24,9$, Sobre peso: ≥ 25 a $29,9$ y Obesidad: ≥ 30 , según los criterios de la Organización Mundial de la Salud. El PPG disponible en la base de datos se obtiene de la historia clínica de la gestante, y es registrado por el personal de salud durante la primera atención gestacional. Todos los procedimientos de registro de la atención y mediciones antropométricas siguen una normativa nacional acorde al MINSA. El nivel de altitud (m) fue establecido por el SIEN en base a la ubicación geográfica del establecimiento de salud en donde la gestante fue atendida. Se realizaron 4 clasificaciones de altitud: < 1500 ; $1500 - 2499$; $2500 - 3499$; $\geq 3,500$ metros sobre el nivel del mar.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa estadístico STATA V16 (StataCorp). Para los análisis descriptivos se emplearon medidas de frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas, y medidas de tendencia central como las medias con desviación estándar (d.e.) dada la distribución normal de los datos. Para establecer diferencias entre los grupos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con comparaciones múltiples post hoc añadiendo un ajuste de Bonferroni. Las diferencias estadísticas se muestran mediante letras mayúsculas: las comparaciones sin diferencias estadísticas significativas se muestran con letras mayúsculas idénticas.

Aspectos éticos

La información que proporciona SIEN no contiene identificadores de las gestantes atendidas ni información que permita conocer su ubicación. Además, las bases de datos se encuentran disponibles en la Plataforma Nacional de Datos Abiertos del Perú, y son de libre uso para la realización de investigaciones y se puede encontrar en el siguiente link: <https://datosabierto.gob.pe/dataset/sien-sistema-de-informacion-del-estado-nutricional-de-ninos-y-gestantes-peru>. Por ello, no se requirió someter el presente artículo a un comité de ética para su ejecución.

RESULTADOS

Se evaluó a 243587 gestantes, con una edad media de 27.7 (d.e. 5.96). Adicionalmente, las mujeres que residieron a ≥ 3500 m fueron el 7.35%. Con respecto al IMCPG, más del 55% tuvo exceso de peso. Además, del total de gestantes, el 22% pertenecieron a Lima, mientras que el 0.47% pertenecieron a Tumbes, siendo las regiones con mayor y menor representación. (Tabla 1)

El grupo de menor altitud presentó un mayor IMCPG (26,51 kg/m² d.e. 4,77), frente a los de altitud intermedia y elevada, que registraron para entre 1500 y 2499 un IMCPG de 25,82 kg/m²(d.e. 4,13), entre 2500 y 3499 un IMCPG de 25.6 kg/m² (d.e. 3,98) y finalmente el de altitud mayor a 3500 m con un IMC de 25,51 kg/m² (d.e. 3,96). Entre los grupos de mayor altitud no se presentó una diferencia significativa. (Figura 1)

Cuando se presenta la distribución de la población por los 4 rangos de altitud y para cada categoría de IMC pregestacional (**Tabla 2**), la mayor cantidad de población reside a menos de 1500 m. Se destaca el incremento del porcentaje

Tabla 1. Características de la muestra. (N = 243587)

	Media / N	d.e. / %
Edad	27.7	5.96
Altitud (m)		
< 1500	152947	62.79
1500 – 2499	20130	8.26
2500 – 3499	52612	21.6
≥ 3500	17898	7.35
IMCPG		
Bajo peso	3654	1.5
Normal	105453	43.28
Sobrepeso	89683	36.83
Obesidad	44797	18.38

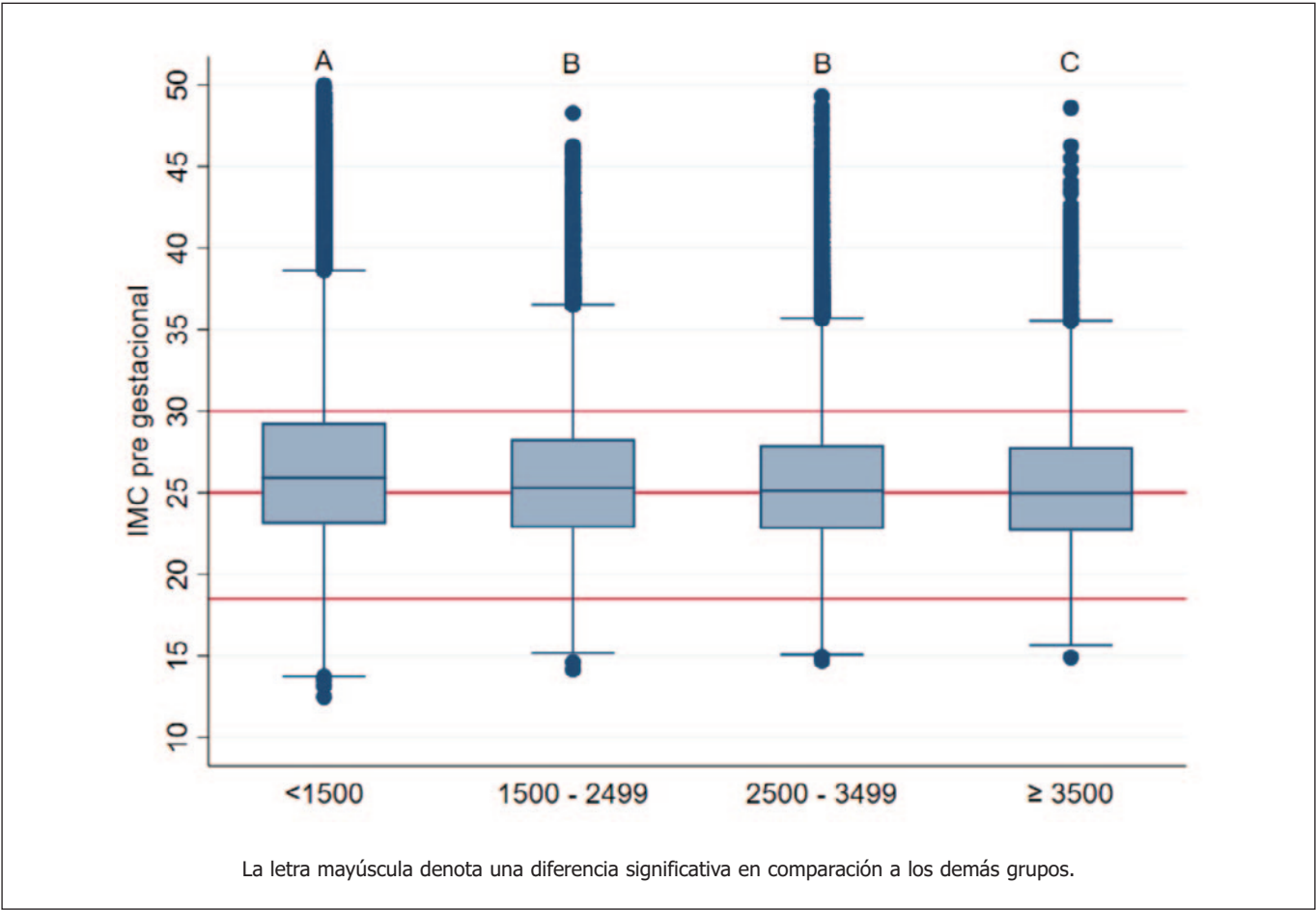


Figura 1. IMC pregestacional en las 4 categorías de altitud (m)

Tabla 2. Distribución de las categorías de IMC pregestacional por rango de altitud

Altitud (m)	Delgadez	Peso normal N (%)	Sobrepeso	Obesidad
< 1500 n = 152947	2573 (1,68) A	61470 (40,19) A	56049 (36,65) A	32855 (21,48) A
1500 – 2499 n = 20130	228 (1,13) B	9147 (45,44) B	7597 (37,74) B	3158 (15,69) B
2500 – 3499 n = 52612	587 (1,12) B	24766 (47,07) C	20053 (38,11) C	7206 (13,7) C
≥ 3500 n = 17898	187 (1,04) C	8714 (48,69) C	6628 (37,03) B	2369 (13,24) C
Total	3575 (1,47)	104097 (42,74)	90327 (37,08)	45588 (18,72)

de gestantes con peso normal y la disminución del porcentaje gestantes con obesidad conforme aumenta la altitud. La mayoría de gestantes tuvo una IMC pregestacional normal (42,74%), sin embargo, cerca estuvo el IMCPG con sobrepeso (37,08%) que sumado al IMC de obesidad (18,72%) indica que más de la mitad (55,8%) de gestantes inició con un exceso de peso.

Para evaluar la ganancia de peso (**Tabla 3**) se consideró la categoría de IMC pregestacional y la edad gestacional en meses. En general se presenta una concordancia en la ganancia de peso y la edad gestacional y una relación inversa entre el IMCPG y la ganancia de peso. Para el primer mes no hay diferencias significativas entre las altitudes ni entre las categorías de IMCPG, al segundo mes la categoría de obesidad tuvo

Tabla 3. Ganancia de peso gestacional en cada mes según categorías de IMC pregestacional por rango de altitud

Altitud (m)		media (desviación estándar)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	≥9
< 1500 n = 152947	Delgadez	0,04 (0,1)	0,64 (1,73)	0,92 (2,26)	2 (3,52)	3,44 (3,45)	5,55 (3,31)	7,7 (4,05)	9,59 (4,36)	12,25 (4,56)
	Peso normal	0,51 (0,14)	0,45 (1,77)	0,43 (2,5)	0,82 (2,98)	2,2 (3,39)	4,16 (3,65)	5,97 (4,01)	7,46 (4,3)	10,6 (4,79)
	Sobrepeso	0,49 (1,06)	0,41 (1,86)	0,14 (2,54)	0,28 (3,29)	1,42 (3,67)	3,1 (4,02)	4,49 (4,26)	6,12 (4,5)	8,77 (5,15)
	Obesidad	0,6 (1,24)	0,35 (1,8)	-0,08 (2,59)	-0,26 (3,53)	0,31 (3,82)	1,49 (4,36)	2,73 (4,75)	4,12 (5,2)	6,35 (4,64)
1500 - 2499 n = 20130	Delgadez	-	0,28 (0,6)	1,12 (2,02)	1,28 (3,13)	2,21 (1,93)	6,34 (4,86)	8,32 (4,89)	11,76 (6,85)	12,21 (4,57)
	Peso normal	0,26 (1,33)	0,26 (1,61)	0,49 (2,28)	0,7 (2,61)	2,11 (2,72)	4,18 (3,28)	5,83 (3,5)	7,44 (3,82)	10,6 (4,29)
	Sobrepeso	0,01 (0,79)	0,32 (1,68)	0,22 (2,4)	0,14 (2,95)	1,42 (3,33)	3,07 (3,25)	4,89 (3,57)	6,15 (4,37)	9,07 (4,57)
	Obesidad	0,98 (1,04)	-0,01 (1,37)	-0,15 (2,04)	-0,3 (2,73)	0,68 (3,63)	1,66 (4,22)	3,32 (3,97)	3,88 (4,37)	7,26 (5,03)
2500 - 3499 n = 52612	Delgadez	-	0,14 (0,62)	1,03 (2,03)	1,86 (2,77)	4,13 (2,98)	6,37 (3,91)	6,84 (2,53)	10,05 (2,69)	12,07 (4,24)
	Peso normal	0,38 (1,05)	0,4 (1,24)	0,52 (1,93)	1,17 (2,45)	2,5 (2,78)	4,51 (2,92)	6,16 (3,27)	7,85 (3,63)	10,73 (4,11)
	Sobrepeso	0,25 (0,55)	0,37 (1,24)	0,27 (1,95)	0,48 (2,59)	1,52 (2,81)	3,16 (3,01)	4,8 (3,28)	6,18 (3,89)	9,11 (4,37)
	Obesidad	0,05 (0,72)	0,22 (1,16)	0,05 (1,96)	-0,22 (2,65)	0,63 (2,86)	2,02 (3,34)	3,57 (4,07)	4,72 (4,42)	7,24 (4,76)
> 3500 n = 17898	Delgadez	-	-0,31 (0,82)	0,31 (1,2)	1,21 (1,55)	5,46 (3,82)	2,85 (4,17)	7,43 (2,61)	9,93 (5,24)	12,17 (4,52)
	Peso normal	0,33 (0,6)	0,55 (1,32)	0,75 (1,99)	1,28 (2,25)	2,6 (2,4)	4,45 (2,97)	6 (3,05)	7,91 (3,5)	10,68 (3,95)
	Sobrepeso	0,09 (0,47)	0,29 (1,07)	0,59 (1,7)	0,64 (2,21)	1,75 (2,75)	3,62 (2,93)	4,89 (3,33)	6,7 (3,58)	9,2 (4,39)
	Obesidad	0,16 (0,28)	0,38 (1,05)	0,37 (1,88)	0,54 (1,88)	1,05 (2,63)	2,4 (3,65)	3,15 (4,14)	5,25 (3,89)	7,4 (4,67)

una menor ganancia de peso. Para el final de la gestación, en las categorías de sobrepeso y obesidad, el rango de menor altitud tuvo una significativa menor ganancia de peso en comparación a las otras altitudes.

DISCUSIÓN

La gestación es una condición no patológica temporal en la que se generan las adaptaciones necesarias para el crecimiento y desarrollo del feto, para el trabajo de parto y la lactancia. Es una política de salud pública identificar y atender a la gestante durante todo el proceso, con las evaluaciones, tratamientos y orientaciones pertinentes; en ese sentido, el peso pregestacional y la ganancia de peso gestacional son dos variables importantes en el seguimiento de la gestante. Nuestros resultados evidencian diferencias significativas en el estado nutricional y antropométrico de las gestantes según la altitud geográfica, lo cual refuerza la necesidad de contextualizar las intervenciones maternas en el Perú.

Nuestros hallazgos muestran que el IMCPG fue mayor a baja altitud, con una significativa mayor prevalencia de delgadez, sobrepeso y obesidad, aunque en todas las categorías de altitud se presentó una preocupante alta prevalencia de exceso de peso. El exceso de peso pregestacional implica un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad para la gestante y el feto; tal es así que, a nivel materno se incrementa el riesgo de preeclampsia, hipertensión gestacional, diabetes gestacional, parto pretérmino, parto por cesárea y neonato pequeño para la edad gestacional¹². Para el feto, se ha relacionado la obesidad pregestacional con un mayor riesgo de obesidad infantil¹³.

En ese sentido se ha planteado también cambios epigenéticos que demuestran que la exposición a un entorno metabólicamente desequilibrado en la vida temprana muestra una mayor susceptibilidad para enfermedades inflamatorias crónicas y síndrome metabólico en dichos productos; tal es así que, se considera que la obesidad pregestacional puede desencadenar un estado inflamatorio en la placenta, conllevando a una reprogramación de las células mieloides y de la sangre del cordón umbilical fetal y de ese modo, la reprogramación epigenética podría desempeñar un papel en la mediación del desarrollo de enfermedades metabólicas en la descendencia¹⁴.

Ahora bien, situándonos en poblaciones residentes en zonas de altitud elevada, se ha observado que la hipoxia crónica condiciona una adaptación placentaria evidente, caracterizada por un aumento en la vascularización de las vellosidades y un afinamiento de las membranas placentarias para optimizar el intercambio de oxígeno y nutrientes. Estos cambios estructurales en teoría permiten compensar parcialmente el desarrollo ponderal fetal debidas a la menor presión de oxígeno atmosférico; Sin embargo, se ha observado una mayor tasa de nacimientos con bajo peso al nacer y restricción del crecimiento intrauterino a más de 2 500 m., esto podría deberse a

que por ejemplo la fuente de nutrientes y oxígeno fetal que es la arteria uterina presenta un flujo sanguíneo volumétrico es 1/3 menor a 3100 msnm en comparación con 1600 msnm, la misma que se justifica por los niveles plasmáticos maternos elevados de endotelina con subsecuente disminución de niveles de óxido nítrico promoviendo así un fenotipo constrictor materno, que reduce el diámetro de la arteria uterina¹⁵⁻¹⁷.

Del mismo modo, existe evidencia que respalda que las mujeres gestantes expuestas a elevada altitud presentan una mayor sensibilidad periférica a la insulina y menores niveles de glicemia en ayunas, lo que sugiere un metabolismo materno ajustado y así limita la disponibilidad de glucosa para el feto¹⁸. De tal manera, que ello contribuye a la caída del IMCPG en altitudes superiores a 3 500 msnm, pero reduce la ganancia de peso fetal, reflejada en un menor peso al nacer¹⁹. Por último, los niveles séricos de leptina en mujeres nativas residentes a mayor altitud frente a las de baja altitud han sido bajas, por cuanto se puede entender que la gran altitud de por sí puede ser un factor protector frente al sobrepeso u obesidad; pero a su vez, es probable que haya otros factores que expliquen que ello no se cumpla como tal in vivo.

En cualquier extremo, estas particularidades de estas poblaciones, ameritan identificar y realizar un seguimiento exhaustivo a nivel médico y nutricional a las gestantes con obesidad pregestacional, controlando la ganancia de peso o incluso perdiendo peso en alguna etapa de la gestación, ya que se entiende que dichas condiciones de obesidad o sobrepeso no son normales y lo que se busca es una reducción en la manifestación de las comorbilidades²⁰.

En tal sentido y de forma alarmante, se ha reportado un preocupante incremento de la obesidad pregestacional²¹⁻²³. Al considerar el peso materno al final de la gestación, se evidenció que las mujeres con sobrepeso u obesidad que residían en zonas de menor altitud presentaron una ganancia ponderal gestacional significativamente menor en comparación con aquellas ubicadas en altitudes medias y altas. Biológicamente se entiende que la menor disponibilidad de oxígeno por la menor presión atmosférica condiciona el incremento de la masa de la gestante, eso también coincide con el IMC promedio menor en altitud. Uno de los mecanismos involucrados en la menor ganancia de peso incluye un menor aporte y consumo de glucosa fetal debido a una mayor sensibilidad periférica a la insulina^{24,25}.

En Sudamérica, se estudiaron poblaciones en La Paz a 3600 msnm y Bogotá a 2600 msnm, registrando una asociación negativa entre la altitud y el peso al nacer, considerando a la altitud como la variable predominante sobre otros factores de riesgo, con una disminución aproximada de 200 gramos frente a la baja altitud²⁶. En una revisión sistemática y metaanálisis con más de un millón de gestantes se ha presentado que la ganancia de peso gestacional varía entre poblaciones a partir de su distribución geográfica y su etnia²⁷.

Así también, se ha descrito que el componente relacionado a adaptaciones genéticas de poblaciones andinas, hace que ellos presenten menores efectos adversos del estrés hipóxico gracias a modificaciones en genes como EPAS1 y mejor perfusión uteroplacentaria. Estas adaptaciones reflejan la coexistencia de dos fenómenos: pérdida general de peso fetal por hipoxia y atenuación de esta pérdida en mujeres nativas por ventajas genético ambientales²⁸.

En Perú, un análisis reciente con más de 100000 niños, utilizando una encuesta demográfica nacional representativa también presenta la relación inversa entre altitud y peso al nacer, estando relacionado a la menor ganancia de peso gestacional²⁴. Al tener en cuenta la evidencia de un menor peso del recién nacido en altitud en la población peruana, la integración con nuestros resultados indicaría que puede haber una menor transferencia de nutrientes, o una ganancia de peso similar entre altitudes, pero con una distribución diferente de la ganancia de peso, quizás a nivel placentario o en la acumulación de tejido graso, pero no del feto. La adaptación placentaria a la hipoxia²⁹.

Se sustenta la necesidad de una política de salud pública que permita identificar y atender a la gestante durante todo el proceso, con las evaluaciones, tratamientos y orientaciones pertinentes adecuadas a la situación de cada localidad; en ese sentido, el peso pregestacional y la ganancia de peso gestacional son dos variables importantes en el seguimiento de la gestante.

Limitaciones y fortalezas

La principal limitación es que no se tiene el registro de otras variables intervinientes en la ganancia de peso como la alimentación, el número de atenciones obstétricas o la suplementación nutricional, además del diseño transversal que no permite analizar la velocidad de la ganancia de peso ni el peso final al momento del parto.

La principal fortaleza es el tamaño de la muestra, que recogió la información de toda la población atendida durante el 2024. Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión quedaron más de 6000 gestantes para el Callao y más de 8000 gestantes para Puno. Esta cantidad garantiza una solidez en los análisis.

CONCLUSIONES

La evaluación antropométrica nutricional en gestantes que viven en bajas altitudes presentó un mayor IMC pregestacional y una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad pregestacional en comparación a las que residen en elevadas altitudes. No se encontró una clara evidencia respecto a la ganancia de peso distinta entre los niveles de altitud considerando la categoría de IMC pregestacional.

Es pertinente la investigación de la gestación en altura para atender mejor a las mujeres en edad fértil y gestantes residentes a elevada altitud.

FINANCIAMIENTO

P.G-M recibió financiación del CIBERobn CB12/03/30002 (Fisiopatología de la Obesidad y la Nutrición), España. Los demás autores no recibieron apoyo de ninguna organización para el trabajo presentado.

REFERENCIAS

1. FAO. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. 2020: seguridad alimentaria y nutricional para los territorios más rezagados. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2020.
2. WHO. WHO Recommendations on Maternal and Newborn Care for a Positive Postnatal Experience. 1st ed. Geneva: World Health Organization; 2022.
3. Butte NF, Wong WW, Treuth MS, et al. Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2004; 79:1078–87. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.1078>.
4. Ouzounian JG, Elkayam U. Physiologic Changes During Normal Pregnancy and Delivery. *Cardiology Clinics* 2012;30:317–29. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2012.05.004>.
5. Faus García M, Vila-candel R, Martín-Moreno JM. Standard international recommendations for gestational weight gain: suitability for our population. *Nutr Hosp* 2020. <https://doi.org/10.20960/nh.03340>.
6. MINSA. Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la gestante. Lima: Ministerio de Salud; 2019.
7. Moore LG. Human Genetic Adaptation to High Altitude. *High Altitude Medicine & Biology* 2001;2:257–79. <https://doi.org/10.1089/152702901750265341>.
8. Mallet RT, Burtcher J, Pialoux V, et al. Molecular Mechanisms of High-Altitude Acclimatization. *IJMS* 2023;24:1698. <https://doi.org/10.3390/ijms24021698>.
9. Lichty JA. Studies of Babies Born at High Altitude: I. Relation of Altitude to Birth Weight. *AMA Am J Dis Child* 1957;93:666. <https://doi.org/10.1001/archpedi.1957.02060040668009>.
10. Moore LG. HYPOXIA AND REPRODUCTIVE HEALTH: Reproductive challenges at high altitude: fertility, pregnancy and neonatal well-being. *Reproduction* 2021;161:F81–90. <https://doi.org/10.1530/rep-20-0349>.
11. SIEN. SIEN - Sistema de información del Estado Nutricional de niños y gestantes Perú - INS/CENAN (Instituto Nacional de Salud - Centro Nacional de Alimentación y Nutrición). Plataforma Nacional de Datos Abiertos 2024. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/sien-sistema-de-informacion-C3%B3n-del-estado-nutricional-de-ni%C3%B1os-y-gestantes-per%C3%BA-inscenan> (accessed February 27, 2024).
12. LifeCycle Project-Maternal Obesity and Childhood Outcomes Study Group, Voerman E, Santos S, et al. Association of Gestational Weight Gain With Adverse Maternal and Infant Outcomes. *JAMA* 2019;321:1702. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.3820>.

13. Hernández-Barrera L, Trejo-Valdivia B, Téllez-Rojo MM, et al. Pre-Gestational Obesity and Gestational Weight Gain as Predictors of Childhood Obesity. *Archives of Medical Research* 2024;55: 103006. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2024.103006>.
14. Kweon JY, Mun H, Choi MR, et al. Maternal obesity induced metabolic disorders in offspring and myeloid reprogramming by epigenetic regulation. *Front Endocrinol* 2024;14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1256075>.
15. Brown ER, Giussani DA. Cause of fetal growth restriction during high-altitude pregnancy. *iScience* 2024;27:109702. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109702>.
16. Zamudio S. The Placenta at High Altitude. *High Altitude Medicine & Biology* 2003;4:171–91. <https://doi.org/10.1089/152702903322022785>.
17. Nuzzo AM, Camm EJ, Sferruzzi-Perri AN, et al. Placental Adaptation to Early-Onset Hypoxic Pregnancy and Mitochondria-Targeted Antioxidant Therapy in a Rodent Model. *The American Journal of Pathology* 2018;188:2704–16. <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2018.07.027>.
18. Arenas GA, Lorca RA. Effects of hypoxia on uteroplacental and fetoplacental vascular function during pregnancy. *Front Physiol* 2024;15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1490154>.
19. Krampl E, Kametas NA, Zegarra AMC, et al. Maternal plasma glucose at high altitude. *BJOG* 2001;108:254–7. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2001.00072.x>.
20. Grandfils S, Durand P, Hoge A, et al. Gestational weight gain: Toward best practices in managing gestational weight gain in patients with obesity: Comparison of recommendations. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 2024;298:197–203. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.05.009>.
21. Hinkle SN, Sharma AJ, Kim SY, et al. Prepregnancy Obesity Trends Among Low-Income Women, United States, 1999–2008. *Matern Child Health J* 2012;16:1339–48. <https://doi.org/10.1007/s10995-011-0898-2>.
22. Loaiza Miranda S, Marrodán Serrano MD, González Montero De Espinosa M. Peso al nacer y estado nutricional de gestantes controladas en la Atención Primaria de Salud, Punta Arenas, Chile. *Nutr Clín Diet Hosp* 2024;44. <https://doi.org/10.12873/441loaiza>.
23. Acosta Mogrovejo KE, Gomez Rutti YY, Palomino Quispe LP, et al. Estado nutricional y prácticas alimentarias en gestantes a término en Lima, Perú. *Nutr Clín Diet Hosp* 2023;43. <https://doi.org/10.12873/434acosta>.
24. Hernández-Vásquez A, Bartra Reátegui A, Vargas-Fernández R. Altitude and Its Association with Low Birth Weight among Children of 151,873 Peruvian Women: A Pooled Analysis of a Nationally Representative Survey. *IJERPH* 2023;20:1411. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021411>.
25. Julian CG, Wilson MJ, Moore LG. Evolutionary adaptation to high altitude: A view from in utero. *American J Hum Biol* 2009;21:614–22. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20900>.
26. López Camelo JS, Campaña H, Santos R, et al. Effect of the interaction between high altitude and socioeconomic factors on birth weight in a large sample from South America. *American J Phys Anthropol* 2006;129:305–10. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20274>.
27. Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, et al. Gestational weight gain across continents and ethnicity: systematic review and meta-analysis of maternal and infant outcomes in more than one million women. *BMC Med* 2018;16. <https://doi.org/10.1186/s12916-018-1128-1>.
28. Gonzalez-Candia A, Herrera EA. High Altitude Pregnancies and Vascular Dysfunction: Observations From Latin American Studies. *Front Physiol* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.786038>.
29. Ahrens S, Singer D. Placental Adaptation to Hypoxia: The Case of High-Altitude Pregnancies. *IJERPH* 2025;22:214. <https://doi.org/10.3390/ijerph22020214>.

Harinas de cáscaras de maracuyá, naranja y pitahaya como alternativa sostenible para la industria alimentaria

Passion fruit, orange and pitahaya peel flours as a sustainable alternative for the food industry

José Patricio MUÑOZ MURILLO

*Universidad Hipócrates de México, Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí. Chone, Ecuador.*

Recibido: 25/julio/2025. Aceptado: 9/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El aprovechamiento sostenible de los residuos agroindustriales es una alternativa que promueve al desarrollo sostenible de la población mundial.

Objetivo: Efectuar una evaluación de la composición bromatológica, fisicoquímica y microbiológica de cáscaras de maracuyá, naranja y pitahaya como una alternativa potencial para la industria alimentaria.

Materiales y métodos: Se utilizó un diseño experimental completamente al azar conformado por el estudio de tres tipos de harina (T1: harina de cáscara de maracuyá; T2: harina de cáscara de naranja; T3: harina de cáscara de pitahaya). Se efectuó el proceso de deshidratación y posterior evaluación en laboratorio donde se evaluó la composición bromatológica, fisicoquímica y microbiológica. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza ANOVA y comparación de medias por Tukey.

Resultados: Los resultados de la composición bromatológica mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, donde T1 obtuvo un mayor contenido de proteína (9,06%), materia seca (95,35%, energía (2,72 Kcal/g) y menor contenido de humedad (4,65%). El tratamiento T2 obtuvo un mayor contenido de fibra bruta (38,14%), grasa (0,45%) y carbohidratos (44,03%). La composición fisicoquí-

mica fue estadísticamente diferente ($p < 0,05$), donde se observó una mejor capacidad de retención de agua y de emulsificación en T1 con 3,94 y 2,08, respectivamente. La capacidad antioxidante fue superior en los tratamientos T1 para DPPH con 18,71 y T2 para ABTS con 2,79.

Conclusiones: La cáscara de maracuyá y naranja se presenta como una de las mejores alternativas nutricionales y con una importante capacidad antioxidante.

PALABRAS CLAVE

Antioxidantes, harinas, subproductos, propiedades reológicas.

Abstract

Introduction: The sustainable use of agroindustrial wastes is an alternative that promotes the sustainable development of the world population.

Objective: To evaluate the bromatological, physico-chemical and microbiological composition of passion fruit, orange and pitahaya peels as a potential alternative for the food industry.

Materials and methods: A completely randomized experimental design was used to study three types of flour (T1: passion fruit peel flour; T2: orange peel flour; T3: pitahaya peel flour). The dehydration process was carried out and later evaluated in the laboratory where the bromatological, physico-chemical and microbiological composition was evaluated. Data were analyzed by ANOVA analysis of variance and Tukey mean comparison.

Correspondencia:

José Patricio Muñoz Murillo
jose.munoz@utm.edu.ec

Results: The results of the bromatological composition showed significant differences ($p < 0.05$) between treatments, where T1 obtained a higher protein content (9.06%), dry matter (95.35%), energy (2.72 Kcal/g) and lower moisture content (4.65%). Treatment T2 had higher crude fiber (38.14%), fat (0.45%) and carbohydrate (44.03%) contents. The physicochemical composition was statistically different ($p < 0.05$), where a better water retention and emulsification capacity was observed in T1 with 3.94 and 2.08, respectively. Antioxidant capacity was higher in treatments T1 for DPPH with 18.71 and T2 for ABTS with 2.79.

Conclusions: Passion fruit and orange peel is presented as one of the best nutritional alternatives and with an important antioxidant capacity.

KEY WORDS

Antioxidants, flours, by-products, rheological properties.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda en la producción de alimentos se ha convertido en uno de los principales retos que vive la industria alimentaria a nivel del mundo, esto basado en la necesidad de satisfacer el consumo masivo de diferentes fuentes de nutrientes derivados de las materias primas¹.

Con ello se genera una importante presencia de residuos agroindustriales entre los que se encuentran las cáscaras, semillas y parte de la pulpa, que en gran parte de los casos no son valorizados adecuadamente y generan impactos ambientales significativos en el entorno, como son la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación de fuentes hídricas².

Las cáscaras de frutas se caracterizan por su importante composición nutricional que las convierte en una potencial alternativa dentro de la industria alimentaria debido a la presencia de diferentes compuestos bioactivos y nutrientes fundamentales en las funciones del organismo, donde ejercen diferentes funciones. Adicionalmente, se ha documentado el interés de este tipo de recursos como ingrediente en el desarrollo de diferentes tipos de alimentos procesados, suplementos y nutraceuticos^{3,4}.

La cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) representa aproximadamente el 50% del peso total de la fruta y contiene diferentes compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides y carotenoides), fibra dietética insoluble (celulosa y hemicelulosa)⁵. De la misma manera la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) destaca por su variada composición nutricional y compuestos bioactivos de los cuales se han documentados diferentes propiedades funcionales y de gran utilidad en la industria alimentaria como conservantes y antioxidantes⁶. La cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*) posee un importante contenido de fibra, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en una al-

ternativa viable para ser incorporada en el desarrollo de diferentes productos⁷.

Por lo tanto, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de efectuar una evaluación de la composición bromatológica, fisicoquímica y microbiológica de cáscaras de maracuyá, naranja y pitahaya como una alternativa potencial para la industria alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en los predios del Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí. Los análisis de laboratorio se desarrollaron en las instalaciones del Laboratorio de Química, Bromatología y Biología de la misma Facultad.

Diseño experimental

Se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar conformado por tres tratamientos (T1: harina de cáscara de maracuyá; T2: harina de cáscara de naranja; T3: harina de cáscara de pitahaya). Cada tratamiento fue analizado por triplicado generando un total de 9 unidades experimentales.

Tabla 1. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Código	Factor	Réplicas
1	T1	Harina de cáscara de maracuyá	3
2	T2	Harina de cáscara de naranja	3
3	T3	Harina de cáscara de pitahaya	3

Obtención de las harinas

Previo a la obtención de las harinas se inició con la recolección de las cáscaras de maracuyá, naranja y pitahaya, a las cuales se les aplicó un proceso de limpieza y selección con la finalidad de reducir la presencia contaminante físicos o semillas del fruto. Las cáscaras se dividieron en porciones aproximadas de $4 \pm 0,05$ cm; luego fueron sometidas a deshidratación mediante la utilización de un deshidratador eléctrico (Food deshidratador FD-12) a temperatura de 55°C hasta lograr un contenido de humedad inferior al 10%. Las cáscaras secas fueron molidas utilizando un molino eléctrico conformado de cuchillas de acero inoxidable y finalmente almacenadas en fundas ziploc para los respectivos análisis de laboratorio.

Evaluación de la composición bromatológica de las harinas

La evaluación de la composición bromatológica de las harinas se efectuó en base a los requisitos de la norma NTE INEN 616⁸, considerando los siguientes parámetros: proteína (NTE INEN-ISO 20483), humedad (NTE INEN-ISO 712), grasas (NTE INEN-ISO 11085), materia seca (NTE INEN-ISO 712), ceniza (NTE INEN-ISO 2171), fibra bruta (NTE INEN 522), carbohidratos (calculado proximal), energía (calculado proximal).

Evaluación de la composición fisicoquímica de las harinas

Se determinó la composición fisicoquímica de las harinas donde se evaluaron los siguientes parámetros: pH 10% (NTE INEN-ISO 1842), acidez (NTE INEN 521), tamaño de partícula (μm) (NTE INEN 517), análisis colorimétrico por medio del espacio CieLab, Capacidad de retención de agua (g de agua / g de harina), Capacidad de emulsificación (g de grasa / g de harina), capacidad antioxidante por el radical DPPH ($\mu\text{mol/g}$ de harina) y capacidad antioxidante por el radical ABTS ($\mu\text{mol/g}$ de harina).

Análisis microbiológico de las harinas

La composición microbiológica de las harinas se desarrolló de acuerdo con los parámetros de la NTE INEN 616 donde se determinó la presencia de mohos y levaduras (NTE INEN 1529-10, AOAC 997.02) y *E. coli*. (NTE INEN 1529-8).

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se desarrollaron a partir del uso del programa estadístico Minitab 18.1. Cada una de las variables

fueron analizadas mediante análisis de Varianza ANOVA y posteriormente en las que se encontró diferencias estadísticas se efectuó una comparación de medias mediante pruebas de Tukey, utilizando un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

En la Tabla 2, se muestran los resultados de la composición bromatológica de las harinas de cáscara de maracuyá, naranja y pitahaya, donde se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los parámetros evaluados.

Los resultados del contenido de humedad de las harinas muestran un menor promedio en la harina de cáscara de maracuyá con 4,65%, seguido por la de naranja con 8,13% y pitahaya con 10,30%. Por su parte al analizar el contenido de proteína fue superior en la harina de cáscara de maracuyá con un promedio de 9,06%, a diferencia de las harinas de cáscara de naranja (3,84%) y pitahaya (4,73%).

En relación con el contenido de grasa de los tratamientos en estudio se obtuvo diferencias significativas, evidenciando una mayor presencia de grasa en la cáscara de naranja de 0,45%, seguido de la cáscara de maracuyá con 0,34%. Por otra parte, el contenido de fibra bruta arrojó un mayor contenido de este compuesto en la harina de cáscara de naranja con 38,13%, a diferencia de las harinas de cáscara de maracuyá y pitahaya mostraron valores de 31,76% y 28,29%,

Para la variable porcentaje de cenizas de las muestras utilizadas dio como resultados una mayor concentración de minerales en la harina de cáscara de pitahaya con 14,62%, el cual es superior a los promedios reportados en las harinas de cáscara de maracuyá y naranja. Por su parte el contenido

Tabla 2. Composición proximal de las harinas de maracuyá, naranja y pitahaya

Parámetros	T1	T2	T3	p-valor
	$\bar{x} \pm \text{D.E.}$	$\bar{x} \pm \text{D.E.}$	$\bar{x} \pm \text{D.E.}$	
Humedad (%)	4,65 $\pm$ 0,08 c	8,13 $\pm$ 0,15 b	10,30 $\pm$ 0,11 a	0,000
Proteína (6,25) (%)	9,06 $\pm$ 0,05 a	3,84 $\pm$ 0,02 c	4,73 $\pm$ 0,10 b	0,000
Grasa (%)	0,32 $\pm$ 0,02 b	0,45 $\pm$ 0,04 a	0,14 $\pm$ 0,02 c	0,000
Fibra bruta (%)	31,76 $\pm$ 0,09 b	38,13 $\pm$ 0,15 a	28,29 $\pm$ 0,05 c	0,000
Cenizas (%)	11,92 $\pm$ 0,05 b	5,42 $\pm$ 0,03 c	14,62 $\pm$ 0,03 a	0,000
Carbohidratos (%)	42,28 $\pm$ 0,11 b	44,03 $\pm$ 0,28 a	41,93 $\pm$ 0,06 b	0,000
Materia seca (%)	95,35 $\pm$ 0,08 a	91,87 $\pm$ 0,15 b	89,70 $\pm$ 0,11 c	0,000
Energía (Kcal/g)	2,72 $\pm$ 0,00 a	2,72 $\pm$ 0,01 a	2,44 $\pm$ 0,01 b	0,000

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

energético de la harina fue superior para las harinas de cáscara de maracuyá y naranja, las cuales arrojaron un promedio de 2,72%, respectivamente, a diferencia de la harina de pitahaya la cual alcanzó un valor de 2,44%.

En la tabla 3 se presentan los resultados de la composición fisicoquímica de las harinas de cáscara de maracuyá, naranja y pitahaya donde se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los promedios reportados en las variables en estudio; los resultados del contenido de humedad muestran un mayor contenido de pH la harina de pitahaya con 6,37, a diferencia de las harinas de cáscara de maracuyá y naranja con valores de 5,38% y 4,78%, respectivamente, no obstante, en el caso de la acidez, se observa que la harina de cáscara de naranja obtuvo un mayor contenido de acidez con 0,55% expresado como ácido sulfúrico.

El análisis del tamaño de partícula de las harinas mostró diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$), donde se puede apreciar que la harina de cáscara de maracuyá obtuvo partículas más pequeñas con un promedio de 250,00 μm , mientras que las harinas de cáscara de naranja y pitahaya alcanzaron tamaños de partículas similares con 350,00 μm y 354,00 μm , respectivamente.

Por otra parte, los resultados de los indicadores colorimétricos demostraron que la harina de cáscara de naranja presentó el promedio más alto de luminosidad con 88,95 y ma-

yores tonalidades amarillas (b^*) con 44,78. En el caso de la coordenada a^* se encontró que la cáscara de pitahaya alcanzó una mayor tonalidad con 42,50.

Los resultados de capacidad de retención de agua y de emulsificación de las muestras estudiadas, indican que la harina de la cáscara de maracuyá mantuvo una superioridad con promedios de 3,94g de agua/g y 2,08g de grasa/g, respectivamente en cada parámetro.

En relación a la capacidad antioxidante de las harinas se logró determinar que la harina de cáscara de maracuyá arrojó como resultados una mayor capacidad antioxidante con el método DPPH con un promedio de 18,71 $\mu\text{mol/g}$, mientras que la harina de pitahaya fue estadísticamente superior en el método ABTS con 3,44 $\mu\text{mol/g}$.

Tabla 4. Análisis microbiológico de las harinas de maracuyá, naranja y pitahaya

Parámetros	T1 $\bar{x} \pm \text{D.E.}$	T2 $\bar{x} \pm \text{D.E.}$	T3 $\bar{x} \pm \text{D.E.}$
<i>E. coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Mohos y Levaduras	0,0 E+00	0,0 E+00	0,0 E+00

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tabla 3. Composición fisicoquímica de las harinas de maracuyá, naranja y pitahaya

Parámetros	T1	T2	T3	p-valor
	$\bar{x} \pm \text{D.E.}$	$\bar{x} \pm \text{D.E.}$	$\bar{x} \pm \text{D.E.}$	
pH	5,38 $\pm$ 0,04 b	4,78 $\pm$ 0,01 c	6,37 $\pm$ 0,02 a	0,000
Acidez % (H_2SO_4)	0,32 $\pm$ 0,01 b	0,55 $\pm$ 0,04 a	0,13 $\pm$ 0,02 c	0,000
Tamaño de partícula (μm)	250,00 $\pm$ 0,00	350,00 $\pm$ 0,00	354,00 $\pm$ 0,00	-
L	83,29 $\pm$ 0,04 b	88,95 $\pm$ 0,04 a	67,25 $\pm$ 0,03 c	0,000
a^*	0,52 $\pm$ 0,04 c	6,37 $\pm$ 0,04 b	42,50 $\pm$ 0,08 a	0,000
b^*	23,52 $\pm$ 0,05 b	44,78 $\pm$ 0,04 a	-0,880,01 c	0,000
Capacidad de retención de agua (g de agua / g de harina)	3,94 $\pm$ 0,05 a	3,08 $\pm$ 0,06 b	2,89 $\pm$ 0,04 c	0,000
Capacidad de emulsificación (g de grasa / g de harina)	2,08 $\pm$ 0,04 a	1,85 $\pm$ 0,03 b	1,54 $\pm$ 0,02 c	0,000
Capacidad antioxidante DPPH ($\mu\text{mol/g}$ de harina)	18,71 $\pm$ 0,15 a	11,38 $\pm$ 0,28 b	1,50 $\pm$ 0,16 c	0,000
Capacidad antioxidante ABTS ($\mu\text{mol/g}$ de harina)	1,62 $\pm$ 0,16 c	2,79 $\pm$ 0,19 b	3,44 $\pm$ 0,08 a	0,000

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Los resultados de la composición microbiológica de los tratamientos en estudio muestran valores de 0 en el contenido de UFC de *E. coli* y mohos y levaduras, lo que refleja un adecuado manejo de este tipo de subproductos durante el procesamiento, además de la incidencia del proceso de deshidratación de las harinas que minimizan la presencia de estos microorganismos.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados expuestos por Muñoz et al.⁹, reportan valores de proteína de 4,79%, humedad de 9,89%, ceniza de 20,29% y materia seca de 90,10% en cáscara de pitahaya, los cuales son cercanos a los reportados en este estudio. En tanto que Reyes-García¹⁰, describen como resultados en harina de cáscara de pitahaya un contenido de proteína de 6,72%, ceniza de 11,63% y grasa de 2,23%. Por otra parte, Coutinho et al.¹¹, al efectuar una valoración de la composición proximal de harina de cáscara de maracuyá amarilla documentan un aporte de proteína de 2,14%, grasa de 1,24% y ceniza de 7,28%.

Dentro de este mismo contexto, Campos et al.¹², documentan un contenido de grasa de 0,80% en harina de cáscara de maracuyá, siendo superior al reportado en esta investigación. En tanto que Enríquez y López¹³, reportan un contenido de ceniza de 14,65%, siendo este promedio cercano al reportado en esta investigación.

Con relación al aporte de fibra bruta, se observó que la cáscara de naranja y maracuyá se mantuvieron superiores en este parámetro, lo que está vinculado con una alta presencia fibra dietética soluble e insoluble, los cuales tienen un potencial para el sistema digestivo Macedo et al.¹⁴.

De la misma manera, se obtuvo un mayor aporte energético en las harinas de cáscara de maracuyá y naranja y menor en la harina de cáscara de pitahaya, considerando que este comportamiento se relaciona con un menor contenido de carbohidratos y grasa en la cáscara de pitahaya (Han et al.¹⁵).

En contraste con los resultados de la composición fisicoquímica de las harinas se evidenció una mayor acidez sobre la cáscara de naranja, el cual se encuentra cercano al valor reportado por Basurto et al.¹⁶, quienes reportan un pH de 4,88 y acidez de 0,35 % (ácido sulfúrico), siendo este indicador característico de este tipo de harinas (Ture¹⁷). De la misma manera, los niveles de inclusión elevados pueden tener incidencias negativas en la elaboración de productos de panadería donde la incidencia de este indicador influye sobre la estabilidad y la interacción con otros componentes (Astiz et al.¹⁸).

Los resultados del análisis de tamaño de partícula de la harina se encontró un comportamiento similar entre los valores reportados, siendo este último similar al reportado por Muñoz et al.¹⁹, reportan un tamaño de partícula de 354 (μ) en harina de cáscara de pitahaya.

El cuanto al color de las harinas se obtuvo que la harina de cáscara de naranja fue más brillante, y con una tonalidad anaranjada, la cual responde a la presencia de carotenoides y flavonoides típico de cítricos (Alarcon et al.²⁰), lo que además responde a las características de este sub producto y que puede ser considerado como potencial como colorante natural (Carrillo y Flores²¹). No obstante, se destaca que en la coordenada a^* la harina de cáscara de pitahaya fue superior, lo que refleja una importante presencia de betacianinas y pigmentos bioactivos en este material vegetal (Jácome et al.²²).

Los resultados del análisis de capacidad de retención de agua y la capacidad de emulsificación fueron superiores en la harina de cáscara de maracuyá, lo que contrasta con un alto contenido de fibra hidrofílica en maracuyá que genera una mayor retención de la humedad y mayor capacidad espesante (Chuqui-Diestra y Paucar-Menacho²³), lo que demuestra que este tipo de harina puede ser utilizado como agente texturizante en alimentos debido a la afinidad de los materiales fibrosos por el agua y la grasa al momento de desarrollar una mezcla (Alatriste et al.²⁴).

La evaluación de la capacidad antioxidante mostró mejores resultados en la harina cáscara de maracuyá por el método de ABTS, la cual se caracteriza por la importante presencia de polifenoles, flavonoides, y otros compuestos antioxidantes con diferentes propiedades funcionales presente este tipo de harinas (Torres et al.²⁵). Por otra parte, se observó que la harina de pitahaya alcanzó una mejor respuesta antioxidante por el método de DPPH. En estudios previos de Reyes-García et al.¹⁰, se ha documentado una capacidad antioxidante en cáscara de pitahaya de 5,70 mg de equivalentes de EDTA/g de harina.

La evaluación microbiológica demostró la ausencia de *E. coli* y mohos y levaduras en las harinas evaluadas. Los estudios desarrollados por Enríquez y López¹³, al utilizar temperaturas de deshidratado de 60°C en el proceso de secado de sub productos de la industria alimentaria reporta valores de 0,0 UFC/g de este tipo de microorganismos. Adicionalmente, los valores reportados en este estudio se encuentran dentro de los requisitos mínimos y máximos de la NTE INEN 616⁸, lo que garantiza la seguridad alimentaria durante el consumo (Vinueza et al.²⁶).

CONCLUSIONES

La obtención de las harinas de cáscara de maracuyá, naranja y pitahaya mediante deshidratación permitió conservar las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y microbiológicas, evidenciando su potencial como ingredientes funcionales en la industria alimentaria. La harina de cáscara de maracuyá destacó por su mayor contenido proteico y capacidad antioxidante, la de cáscara de naranja, por su aporte de fibra,

carbohidratos, y luminosidad; y la harina de cáscara de pitahaya, por su concentración mineral y pigmentos bioactivos con aplicación como colorante natural. Esto demuestra que las harinas pueden ser utilizadas en la elaboración de alimentos saludables como productos de panadería y preparación de bebidas (coladas o refrescos), contribuyendo al aprovechamiento sostenibles de estos subproductos de la industria agroalimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Falcon, P., Naylor, L., y Shankar, D. Rethinking global food demand for 2050. *Population and Development Review*, 2022;48(4), 921-957. <https://doi.org/10.1111/padr.12508>
- Ganesh, S., Sridhar, A., y Vishali, S. Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities-A review. *Chemosphere*, 2022;287(3), 132221. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132221>
- Bayram, B., Ozkan, G., Kostka, T., Capanoglu, E., y Esatbeyoglu, T. Valorization and application of fruit and vegetable wastes and by-products for food packaging materials. *Molecules*, 2021;26(13), 4031. <https://doi.org/10.3390/molecules26134031>
- Merino, D., Quilez-Molina, A. I., Perotto, G., Bassani, A., Spigno, G., y Athanassiou, A. A second life for fruit and vegetable waste: a review on bioplastic films and coatings for potential food protection applications. *Green Chemistry*, 2022;24(12), 4703-4727. <https://doi.org/10.1039/D1GC03904K>
- Huo, D., Dai, J., Yuan, S., Cheng, X., Pan, Y., Wang, L., y Wang, R. Eco-friendly simultaneous extraction of pectins and phenolics from passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) peel: Process optimization, physicochemical properties, and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023;243, 125229. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125229>
- Han, L., Zhang, J., y Cao, X. Effects of orange peel powder on rheological properties of wheat dough and bread aging. *Food Science & Nutrition*, 2021;9(2), 1061-1069. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2080>
- Muñoz, J., García, J., y Saltos, S. Néctar a base de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 2023;43(3), 67-73. <https://doi.org/10.12873/433munoz>
- NTE INEN 616. 2015. Harina de trigo (en línea). Requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Muñoz, P., García, J., Arévalo, E., y Cedeño, C. (2024). Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria Y De Recursos Naturales*, 11(1), 18-30. <https://doi.org/10.53287/kdgc7623aq78f>
- Reyes-García, V., Botella-Martínez, C., Juárez-Trujillo, N., Muñoz-Tébar, N., & Viuda-Martos, M. Pitahaya (*Hylocereus ocamponis*) peel and-flesh flour obtained from fruit co-products—assessment of chemical, techno-functional and in vitro antioxidant properties. *Molecules*, 2024;29(10), 2241.
- Coutinho, M., Da Veiga, V., Medeiros, V., Vitor, D., Augusti, R., Ferreira, V., Viera, C., Ferreira, A., y Argenta, C. Development and characterization of yellow passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Metabolites*, 2023;13(6), 684. <https://doi.org/10.3390/metabo13060684>
- Campos, J., Acosta, K., Moreno, C., y Paucar, L. Maracuyá (*Passiflora edulis*): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. *Scientia Agropecuaria*, 2023;14(4), 479-497. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>
- Enríquez, M., y López, R. Evaluación de las propiedades físico químicas y microbiológicas, en la harina de cáscara de pitahaya de descarte (*Selenicereus undatus* (haw) d.r. hunt), en FABICIB, 2021;26. 1-14. Doi: 10.14409/fabicib.v26i2.12257
- Macedo, C., Correia, V., Silva, M., Pereira, V., Augusti, R., Melo, F., ... y Fante, C. Development and characterization of yellow passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Metabolites*, 2023;13(6), 684. <https://doi.org/10.3390/metabo13060684>
- Han, S., Tee, S., y John, J. Development of jujube pitaya peel energy gel and its effect on physical performance. *Strengthening Regional Collaboration in Science & Technology*, 2022;86. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.92821>
- Basurto, Y., Limongi, J., y Muñoz, J. Efecto de varios porcentajes de harina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) sobre las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales de galletas dulces. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 2025; 45(1): 354-363. <https://doi.org/10.12873/451basurto>
- Ture, E. Effect of grass pea and orange peel flour addition on the quality of sorghum flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2023;9(2), 2272368. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2272368>
- Astiz, V., Salinas, M. V., y Puppo, M. Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 2022;121(2), 113-113. <https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Muñoz-Murillo, P., García-Mendoza, J., Arévalo-Reyes, L. y Cedeño-Cedeño, C. Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2024;11(1), 18-30. <https://doi.org/10.53287/kdgc7623aq78f>
- Alarcon, A., Mora, J., Cabrera, D., y García, F. (2022). Estudio Comparativo de la Composición Química, Fenoles Totales y Actividad Antioxidante de Citrus síntesis, Citrus reticulata y Citrus máxima. *RECIAMUC*, 6(3), 535-545. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.535-545](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.535-545)
- Carrillo, M., y Flores, E. Remoción de contaminantes de la industria textil mediante adsorbentes de bajo costo obtenidos a partir de la valorización de cáscaras de naranja. *Revista Politécnica de Aguascalientes*, 2024; 3(3). 1-5. <https://revistapolitecnicaags.upa.edu.mx/wp-content/uploads/2024/06/V3122.pdf>

22. Jácome, R., Ledesma, A., Vega, L., y Iza P. Utilización Industrial de la pitahaya (*Hylocerus undatus*). *593 Digital Publisher CEIT*, 2023;8(3), 98-109. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1693>
23. Chuqui-Diestra, R., y Paucar-Menacho, M. Caracterización físico-química, funcional y reológica de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* SIMS). *TAYACAJA*, 2021;4(2), 103-110. <http://dx.doi.org/10.46908/tayacaja.v4i2.177>
24. Alatríste, I., Contreras, A., Salinas, J., y Herrera, A. Aprovechamiento de subproductos de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) para la elaboración de harina aplicando diferentes condiciones térmicas *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 2024;12(9). 1-18.
25. Torres, R., Garay, R., Medina, M., Mego, V., Vidaurre, P. y Gamonal, Y. Optimización del proceso de liofilización de pulpa de maracuyá: efecto de diferentes aglomerantes en la cinética de secado y características del producto final. *Nutrición clínica y dietética hosp*24;44(1), 201-209. DOI: 10.12873/441torres-loja
26. Vinueza, C., Hidalgo, D., Barona, F., & Enríquez, J. Adición de harina de cáscara de frutas cítricas en la elaboración de pasta tipo tallarín. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 2024;5(4), 104–113. <https://doi.org/10.59169/pentacencias.v5i4.651>

A comparative study of food security, self-efficacy, food coping strategies, and children nutritional status in urban and rural poor households in Cianjur Regency, Indonesia

Hana FATIMAH¹, Ali KHOMSAN¹, Cesilia Meti DWIRIANI¹, Annisa Utami SEMINAR²

1 Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, West Java, Indonesia.

2 Department of Communication Science and Community Development, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, West Java, Indonesia.

Recibido: 26/julio/2025. Aceptado: 12/septiembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Poverty, remains a major challenge in Indonesia, limiting households' access to adequate food and contributing to persistent food insecurity. This study aims to analyze the differences in food security, self-efficacy, food coping strategies, and the nutritional status of under-five children among poor households in urban and rural areas of Cianjur Regency.

Methods: This research is a comparative study with a cross-sectional design conducted in February 2025. The study sites were Kelurahan Sayang (urban) and Ciwalen Village (rural). The total number of subjects included in this study was 64 in the urban area and 62 in the rural area. Main respondents were mothers with children under five years old. Independent t-test was used if the data were normally distributed, while the Mann-Whitney test was applied for non-normally distributed data.

Results: Most mothers in both urban (43.8%) and rural (58.1%) had attained only a primary education (elementary school/equivalent). Most households in this study experienced food insecurity (urban 92.1% and rural 96.7%) ($p > 0.05$), ranging from mild to severe levels. Almost all respondents in both areas exhibited low levels of self-efficacy (scores 1–3) (urban: 92.2% rural: 93.5%) ($p < 0.05$). Most respondents fell into the low food coping strategy category (urban 62.5% and rural 67.7%) ($p > 0.05$). Most food coping strategies used by households was adjusting meal distribution, with mothers pri-

oritizing food for children over themselves and other adults. The nutritional status of children under five showed a high prevalence of underweight and stunting. Underweight prevalence among under-five children was 32.8% in urban areas and 22.5% in rural areas, while stunting affected 37.4% of urban children and 32.2% of rural children.

Conclusion: Most poor households in urban and rural areas remained food insecure, with low maternal self-efficacy and mild food coping strategies despite food insecurity. Underweight and stunting among under-five children are still prevalent.

KEYWORDS

Food access, poverty, stunting, underweight.

INTRODUCTION

Poverty remains a major challenge for both developed and developing countries, influencing various aspects of household welfare. In Indonesia, around 25.9 million people (9.36% of the population) still live in poverty, with urban poverty at 7.09% and rural poverty at 11.79%¹. Cianjur Regency is among the five districts with the highest extreme poverty rates in West Java. In 2021, the number of poor residents in Cianjur peaked at 260,000 people, increasing from 10% in 2020 to 11.18% in 2021². This situation led to Cianjur being targeted in Presidential Instruction No. 4/2022 on Accelerating the Eradication of Extreme Poverty in Indonesia. Poverty limits access to adequate food, often resulting in hunger and food insecurity³.

Food is a basic human need, strongly linked to national resilience. According to Government Regulation No. 17/2015, food security is achieved when food is available and accessible in sufficient quantity, quality, safety, diversity, and nutrition. Food security is realized when every individual at all times has physical

Correspondencia:

Ali Khomsan

khomsanali@apps.ipb.ac.id

and economic access to safe, nutritious, and sufficient food for an active and healthy life⁴. The Food Security Index (IKP) reflects a region's food security and nutrition level. Cianjur's IKP for food utilization in 2022 was 65.76, categorized as Moderately Food Secure (Priority Scale 4), indicating a need for improvement to reach the "Food Secure" category (Priority Scale 6) alongside poverty reduction efforts⁵.

Food insecurity is closely linked to poverty through limited purchasing power and food availability⁶. Low-income households often adopt food coping strategies to manage limited access to food, which affects both the quantity and quality of food consumption⁷. Such conditions influence unhealthy eating habits, including low fruit and vegetable intake⁸, skipping breakfast⁹, and higher consumption of fried or fast foods and carbohydrate-rich staples due to affordability and availability¹⁰.

Several studies highlight the role of self-efficacy in addressing poor eating habits. Self-efficacy is the belief in one's ability to organize and execute actions to achieve specific behaviors¹¹. Studies show that low food security is associated with low self-efficacy in making dietary choices and confidence in food preparation¹². Community-based participatory interventions have also been shown to strengthen self-efficacy in addressing food insecurity¹³. Moreover, self-efficacy is influenced by nutrition knowledge, which supports healthier dietary behaviors and improved nutritional status¹⁴.

Given these challenges, a comparative analysis of food security, self-efficacy, food coping strategies, and children nutritional status between poor households in urban and rural areas in Cianjur Regency is needed. This study focuses on exploring food security dimensions particularly food utilization and food access and their relationship with self-efficacy and household coping mechanisms to inform efforts to strengthen local food resilience.

METHODS

This research is a comparative study with a cross-sectional design conducted simultaneously within a single period in February 2025. The study sites were Kelurahan Sayang (urban) and Ciwalen Village (rural), selected based on their large populations and high numbers of social assistance recipients, as recommended by the local subdistrict office. Ethical approval was granted by the Health Research Ethics Committee of the Faculty of Nursing and Health Sciences, Muhammadiyah University of Semarang (No. 761/KE/11/2024).

Respondents were selected using purposive sampling, with the minimum sample size for each area calculated using the Lemeshow et al. (1997) formula. An additional 10% was added to anticipate drop-outs, resulting in a minimum of 62 respondents for urban and rural area, respectively. Main respondents were mothers with children under five years old. Inclusion criteria were being a permanent resident of the selected area, receiving social assistance (family hope program/rice subsidy/social aid), having an under-five child, and providing informed

consent. Respondents who were not available during data collection were excluded.

Household food security data were collected through interviews using the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS), which consists of nine items referring to the past month. HFIAS is classified into four categories of food security status: food secure (score 0–1), mildly food insecure (score 2–7), moderately food insecure (score 8–14), and severely food insecure (score 15–27)¹⁵. The questionnaires used to assess maternal self-efficacy and food coping strategies were adapted from standardized instruments developed in previous studies, modified, and revalidated in Bogor District, West Java, Indonesia, using the same criteria as the study sample. Food coping strategy data were categorized into three levels from the Slamet (1993) interval formula: low, medium, and high. Maternal self-efficacy was analyzed using indicators based on the most recent instrument developed by Martin et al. (2016) on the self-efficacy for food security questionnaire and by Salarkia et al. (2015) regarding maternal self-efficacy related to young children. Maternal self-efficacy was classified into two categories based on interval scores: low self-efficacy (scores 1–3) and high self-efficacy (score 4)^{16,17}.

The questionnaires underwent validity and reliability testing among subjects with the same criteria as the study population but in a different target area. The food coping strategy questionnaire showed a validity value of $p < 0.05$, indicating it is valid, and a Cronbach's alpha of 0.79, indicating it is reliable. The maternal self-efficacy questionnaire also demonstrated validity ($p < 0.05$) with a Cronbach's alpha of 0.88, which was considered reliable. A measurement is deemed valid if the correlation coefficient is > 0.05 and considered reliable if Cronbach's alpha is ≥ 0.6 . Reliability indicates the extent to which measurement results are consistent when repeated on the same group of subjects, yielding relatively similar outcomes¹⁸.

Nutritional status of children under five was assessed by measuring body weight and height or length, with two repeated measurements, while wearing minimal clothing (e.g. without shoes). For children under six months, body weight was measured using a digital infant scale with a capacity of 20 kg and an accuracy of 0.01 kg. For children aged ≥ 6 months, body weight was measured using a digital scale with a capacity of 200 kg and an accuracy of 0.1 kg, by weighing the mother holding the child and then subtracting the mother's weight. Body length of children under two years was measured using an infantometer with a capacity of 50 cm and an accuracy of 0.1 cm, while height of children aged ≥ 2 years was measured using a stadiometer with a capacity of 2 m and an accuracy of 0.1 cm. Anthropometric data were processed using WHO Anthro software version 3.2.2. According to WHO, children were classified as underweight if their body weight-for-age was < -2 SD, and as stunted if their body length/height-for-age was < -2 SD.

The data analysis comprised both univariate and bivariate approaches. Univariate analysis was conducted to present the frequency distribution of each measured variable, including household characteristics, subject characteristics, and eating habits. Prior to bivariate analysis, data normality was tested using the Kolmogorov-Smirnov test. The bivariate analysis included comparative tests. The Chi-square test was applied for categorical data. For continuous variables, the independent t-test was used if the data were normally distributed, while the Mann-Whitney test was applied for non-normally distributed data.

RESULTS

Cianjur Regency has its administrative center in Cianjur District and is bordered by Bogor and Purwakarta Regencies to the north; Bandung, West Bandung, and Garut Regencies to the east; the Indian Ocean to the south; and Sukabumi Regency to the west. Topographically, most areas of Cianjur Regency consist of mountainous terrain, except for a narrow lowland area along the southern coast¹⁹. Cianjur Regency was once among the regencies in West Java with a high prevalence of extreme poverty. Such poverty conditions can affect various aspects of household welfare, including poverty-related vulnerabilities and stunting among children under five. The characteristics of poor households in this study include parental education levels and household food expenditure.

As detailed in Table 1, most fathers in both urban (42.2%) and rural (53.2%) areas had attained only a primary education (elementary school). A comparable trend was observed among mothers, with nearly half of mothers in urban (43.8%) and rural (58.1%) settings having completed the same education level. Statistical testing indicated no significant difference in parental educational attainment between urban and rural households ($p > 0.05$).

The proportion of food expenditure was calculated from interview results on total household cash outlays for food in the past month, divided by total household expenditure. This measure included only monetary spending on food purchases and excluded food obtained from assistance programs, transfers, or self-production. The majority of households in urban (90.6%) and rural (95.2%) areas allocated a high proportion

of food expenditure. The proportion of food expenditure was calculated from interview results on total household cash outlays for food in the past month, divided by total household expenditure. This measure included only monetary spending on food purchases and excluded food obtained from assistance programs, transfers, or self-production. The majority of households in urban (90.6%) and rural (95.2%) areas allocated a high proportion

Table 1. Distribution of subjects based on parents' education level and proportion of food expenditure

Family characteristics	Urban		Rural		Total		p-value
	n	%	n	%	n	%	
Father's education							
Elementary	27	42.2	33	53.2	60	47.6	0.555
Junior High	16	25.0	15	24.2	31	24.6	
Senior High	20	31.3	13	21.0	33	26.2	
No Schooling	1	1.6	1	1.6	2	1.6	
Mother's education							
Elementary	28	43.8	36	58.1	64	50.8	0.130
Junior High	20	31.3	18	29.0	38	30.2	
Senior High	14	21.9	7	11.3	21	16.7	
No Schooling	2	3.1	1	1.6	3	2.4	
Proportion of food expenditure							
High (≥60%)	58	90.6	59	95.2	117	92.9	0.031
Low (<60%)	6	9.4	3	4.8	9	7.1	
Median (Min-Max) (%)	77(49-97)		83(33-97)		80(33-97)		
Mean±SD (%)	76.3±11.2		79.7±12.4		78±11.9		

p-values based on Chi-Square Test (father's and mother's education) and Mann-Whitney Test (expenditure variable). Significant if $p < 0.05$.

of their expenditure to food ($\geq 60\%$). The share of food expenditure differed significantly between urban and rural households ($p < 0.05$).

Most households in this study experienced some degree of food insecurity, ranging from mild to severe. In urban areas, the largest proportion of respondents were moderately food insecure (35.9%) and severely food insecure (32.8%), with only 7.8% classified as food secure. In rural areas, the majority were mildly food insecure (43.5%), followed by severely (27.4%) and moderately (25.8%) food insecure. Only 3.2% of rural households were food secure. The mean HFIAS score indicated a tendency toward greater food insecurity among urban households compared with their rural counterparts. However, this difference was not statistically significant ($p > 0.05$). Notably, only seven households (5.6% of the total sample) were classified as food secure, underscoring the extremely low prevalence of household food security in this population and its relevance for programmatic interventions.

Regarding maternal self-efficacy, almost all respondents in both urban (92.2%) and rural (93.5%) areas reported low lev-

els (scores 1–3). A small proportion demonstrated high self-efficacy (score 4), with 7.8% in urban areas and 6.5% in rural areas. Statistical analysis indicated a significant difference ($p < 0.05$), with rural mothers showing higher mean self-efficacy scores in child feeding practices than their urban counterparts.

Maternal self-efficacy as shown in Table 3, a statistically significant difference was observed between urban and rural households ($p = 0.014$). However, the mean difference was relatively small (0.20 points), suggesting limited practical significance despite statistical significance.

Regarding food coping strategies, most respondents in both urban (62.5%) and rural (67.7%) areas were classified as having low coping strategies, followed by moderate strategies (37.5% urban; 32.3% rural). No respondents reported high coping strategies. The mean coping strategy score tended to be slightly higher in urban than rural households; however, this difference was not statistically significant ($p > 0.05$).

For the weight-for-age (WAZ) indicator, 10.9% of urban and 4.8% of rural children were severely underweight (total

Table 2. Distribution of respondents based on household food security status

Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS)	Urban		Rural		Total		<i>p-value</i>
	n	%	n	%	n	%	
Food secure (score 0-1)	5	7.8	2	3.2	7	5.6	
Mildly food insecure (score 2-7)	15	23.4	27	43.5	42	33.3	
Moderately food insecure (score 8-14)	23	35.9	16	25.8	39	31.0	
Severely food insecure (score 15-27)	21	32.8	17	27.4	38	30.2	
Median (Min-Max)	10.5 (0-26)		8.5 (0-26)		10 (0-26)		
Mean±SD	11.39 ± 6.68		9.89 ± 6.9		10.65 ± 6.8		0.16

p-value based on Mann-Whitney Test. Significant if $p < 0.05$.

Table 3. Distribution of respondents based on mothers' self-efficacy regarding child feeding

Mother's self-efficacy	Urban		Rural		Total		<i>p-value</i>
	n	%	n	%	n	%	
High self-efficacy (score 4)	5	7.8	7	6.5	12	9.5	0.014
Low self-efficacy (score 1-3)	59	92.2	55	93.5	114	90.5	
Median (Min-max)	3.3(1.8-4)		3.5(2.4-4)		3.4(1.8-4)		
Mean±SD	3.25±0.48		3.45±0.43		3.35±0.47		

*p-value based on Mann-Whitney Test. *significant if $p < 0.05$.*

Table 4. Distribution based of *food coping strategy*

<i>Food coping strategy</i>	Urban		Rural		Total		<i>p-value</i>
	n	%	n	%	n	%	
Low (score: ≤36)	40	62.5	42	67.7	82	65.1	0.351
Middle (score: 37-72)	24	37.5	20	32.3	44	34.9	
High (score: 73-108)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
Median (Min-Max)	29(2-54)		29.5(3-60)		29(2-60)		
Mean±SD	31.17±11.71		29.4±11.82		30.3±11.75		

p-value based on *Mann Whitney Test*. *significant if $p < 0.05$.

Table 5. Distribution based on nutritional status of under-five children

Nutrition status	Urban		Rural		Total		p-value
	n	%	n	%	n	%	
WAZ							
Severely underweight (Z score <-3)	7	10.9	3	4.8	10	7.9	0.403
Underweight(-3 ≤ Z score <-2)	14	21.9	11	17.7	25	19.8	
Normal(-2 ≤ Z score ≤1)	36	56.3	45	72.6	81	64.3	
Overweight(>1 Z score)	7	10.9	3	4.8	10	7.9	
Mean ± SD (Z-Score)	-1.14 ± 1.6		-1.04 ± 1.2		-1.09 ± 1.41		
HAZ							
Severely stunting (Z score <-3)	15	23.4	9	14.5	24	19.0	0.073
Stunting (-3 ≤ Z score <-2)	14	14	11	17.7	25	19.8	
Normal (-2 ≤ Z score ≤3)	27	42.2	41	66.1	68	54.0	
Tall (>3 Z score)	8	12.5	1	1.6	9	7.1	
Mean ± SD (Z-score)	-1.29 ± 2.69		-1.04 ± 1.2		-1.17 ± 2.09		
WHZ							
Severely wasting (Z score <-3)	0	0	0	0	0	0	0.349
Moderate wasting(-3 ≤ Z score <-2)	4	6.3	5	8.1	9	7.1	
Normal (-2 ≤ Z score ≤1)	56	87.5	51	82.3	107	84.9	
At risk of overweight(1 <Z score ≤2)	3	4.7	5	8.1	8	6.3	
Overweight (>2 Z score ≤3)	0	0	1	1.6	1	0.8	
Obese (>3 Z score)	1	1.6	0	0	1	0.8	
Mean ± SD (Z-score)	-0.45 ± 1.08		-0.35 ± 1.14		-0.4 ± 1.1		

p-value based on *Mann Whitney Test*. *Significant if $p < 0.05$.

unrban and rural 7.9%), while 21.9% of urban and 17.7% of rural children were underweight (total urban and rural 19.8%), corresponding to an overall prevalence of 27.7%. Regarding height-for-age (HAZ), the prevalence of severe stunting was 23.4% in urban and 14.5% in rural areas (total urban and rural 19.0%), while stunting was reported in 14.0% and 17.7%, respectively (total urban and rural 19.8%), yielding a combined prevalence of 38.8%. These findings are programmatically important, as they indicate that more than one in four children were underweight and nearly two out of five were stunted, underscoring a critical public health challenge. For weight-for-height (WHZ), the majority of children were classified as having normal nutritional status in both urban (87.5%) and rural (82.3%) households. Statistical analysis indicated no significant differences in WAZ, HAZ, or WHZ between urban and rural settings ($p > 0.05$).

DISCUSSION

The generally low levels of parental education, with no parents attaining higher education are characteristic of low-income households. Limited educational attainment among fathers and mothers reflects restricted access to information, including nutrition knowledge, which ultimately affects household decision making regarding food management and can impact household food security²⁰.

Food expenditure remains the primary spending priority for most families, especially in rural areas. Rural households allocate a larger proportion of their income to food compared to urban households. This contrast is noteworthy, as food prices in urban areas are generally higher than in rural areas, yet the share of food spending is greater in rural settings. This can be explained by the fact that urban households, despite facing higher food prices, must also cover substantial non-food expenses such as rent, transportation, utilities, education, and lifestyle costs. These non-food costs reduce the proportion of income available for food, particularly among low-income families. As a result, poor urban households are often forced to compromise the quality and quantity of their food consumption to cope with the high cost of living²¹.

Food security in this study was assessed using the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS), an instrument that measures the degree of household food security based on experiences of limited food access during the past 30 days. Nearly all low-income households, both urban and rural, experienced some level of food insecurity in this research. This food security condition is similar to the findings of study in Lombok, Indonesia which showed that food unavailability is a significant problem for households in Central Lombok, indicating that many families lack the resources needed to secure adequate food. This is evident from the fact that most of the study population experienced feelings of anxiety and uncertainty regarding their food supply²². The high proportion of food-insecure households in rural areas is generally attributed to dependence

on seasonal agricultural activities, harvest fluctuations, limited market access, and inadequate food distribution infrastructure, which often prevent rural families from maintaining stable food supplies throughout the year²³. Although urban households benefit from better market access, higher food prices combined with substantial non-food expenditures continue to render many household food insecure²¹.

Mothers' self-efficacy in child feeding practices is linked to their confidence in their ability to make decisions and perform tasks related to food, such as selecting healthy and nutritious foods, preparing meals, and managing food surpluses²⁴. Many rural mothers exhibit greater self-efficacy or stronger belief in their capacity to meet their children's nutritional needs. Higher self-efficacy as observed in rural areas in this study can help improve household food security compared to lower self-efficacy levels. One factor that may contribute to higher self-efficacy among rural mothers is the stronger social solidarity and close-knit community ties often found in rural settings compared to urban areas²⁵. Bandura's theory posits that self-efficacy can be strengthened through social support and observing the success of others in similar situations (vicarious experience). More frequent social interactions among neighbours in rural communities can encourage mothers to exchange experiences, feeding strategies, and caregiving practices, thereby enhancing their confidence in providing appropriate nutrition for their children. In addition, outreach activities by community health volunteers and local health center staff who directly engage with target households in rural areas play an important role in reinforcing mothers' self-efficacy, despite the more limited access to formal information channels in these settings¹¹.

Food coping strategies are adaptive responses that households employ to manage economic pressures and limited food access. This study found similar economic conditions and levels of food security in both urban and rural areas, indicating that the majority of households in both settings tended to adopt low to moderate food coping strategies when facing food constraints. The absence of high-level coping strategies suggests that these households have not yet reached a critical or emergency state in meeting their food needs, but they have begun to make minor adjustments to manage their limited food resources²⁶. The findings reveal that most respondents in both urban and rural areas fall into the low food coping category. However, many households remain food insecure, primarily due to limited income, a high proportion of expenditure devoted to food, and parents' low levels of education. These factors restrict economic access and knowledge needed to obtain nutritious food. As a result, although the coping strategies used are relatively mild, the underlying household conditions do not yet support adequate food security. Therefore, the low levels of coping observed in this study do not fully reflect a good state of food security. Demographic factors such as the household head's education, family size,

income, and expenditure are among the key determinants of food coping capacity²⁷.

In this study, urban children under five were more likely to experience malnutrition and stunting than their rural counterparts. This finding is consistent with other study which also reported that chronic undernutrition remains a major nutritional challenge in both rural and urban areas, with stunting continuing to be a leading issue in both contexts. Children who experience stunting are often affected by inadequate intake of micronutrients, particularly iron²⁸. Insufficient iron and zinc intake are identified as risk factors for stunting. Several factors also may contribute to this, including the densely populated urban environment, which often leads to poor sanitation²⁹. Over-crowded and unhygienic living conditions increase the risk of infection among young children, which can impair nutrient absorption and contribute to growth disorders such as stunting³⁰. Moreover, social and economic inequalities among the urban poor limit access to nutritious food, as higher food prices often exceed the purchasing power of low-income households, making urban children more vulnerable to malnutrition and stunting. In addition, children in urban areas are at risk of imbalanced diets, frequently consuming convenience foods and calorie-dense but nutrient-poor foods due to financial constraints and lifestyle factors. This contributes to stunting even when caloric intake appears sufficient³¹.

CONCLUSION

The food expenditure differed significantly between urban and rural areas ($p < 0.05$). However, most low-income households in both urban and rural areas are food insecure. Mothers' self-efficacy levels are generally low, likely influenced by the household's economic conditions. Statistical analysis revealed a significant difference ($p < 0.05$) in mothers' self-efficacy related to child feeding practices between urban and rural households. Most food coping strategies used by households was adjusting meal distribution, with mothers prioritizing food for children over themselves and other adults. The nutritional status of under-five children still shows a high proportion of underweight and stunting cases in both urban and rural areas.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to extend their heartfelt thanks to the Neys-van Hoogstraten Foundation, the Netherlands for funding this research and to the Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University for their support throughout the study.

REFERENCES

1. Statistics Indonesia. Profile of Poverty in Indonesia 2024 (*Bahasa: Profil Kemiskinan di Indonesia 2024*). Cianjur (ID): Statistics Indonesia; 2024.
2. Statistics Indonesia. Cianjur Regency in Figures 2021 (*Bahasa: Kabupaten Cianjur dalam Angka 2021*). Cianjur (ID): Statistics Indonesia; 2021.
3. Zakiah. Food Security and Poverty in Aceh Province (*Bahasa: Ketahanan Pangan dan Kemiskinan di Provinsi Aceh*). *Analisis Kebijakan Pertanian*. 2016;14(2):113–124.
4. Food and Agriculture Organization. The State of Food Insecurity in the World. Washington DC: Food and Agriculture Organization; 2003.
5. National Food Agency. Food Security and Vulnerability Atlas (FSVA) 2022 (*Bahasa: Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan (FSVA) Tahun 2022*). Jakarta (ID): National Food Agency; 2022.
6. Widodo AS, Wulandari R. Analysis of Consumption Patterns and Food Insecurity among Dryland Farmers in Gunungkidul Regency (*Bahasa: Analisis Pola Konsumsi dan Tingkat Kerawanan Pangan Petani Lahan Kering di Kabupaten Gunungkidul*). *Jurnal Agraris*. 2016;2(2):161–167.
7. Prakusya DA. Food Coping Strategy, Food Security, and Child Nutrition Status among Fishermen Families during the Covid-19 Pandemic (*Bahasa: Food Coping Strategy, Ketahanan Pangan, dan Status Gizi Anak pada Keluarga Nelayan saat Pandemi Covid-19*) [Undergraduate Thesis]. Bogor (ID): IPB University; 2021.
8. Turnbull O, Homer M, Ensaff H. Food insecurity: Its prevalence and relationship to fruit and vegetable consumption. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2021;34(5):849–857.
9. Puddephatt JA, Keenan GS, Fielden A, Reaves DL, Halford JCG, Hardman CA. Eating to survive: A qualitative analysis of factors influencing food choice and eating behaviour in a food-insecure population. *Appetite*. 2020;147:1–14.
10. Cummer E, Loyola Amador C, Montez K, Skelton JA, Ramirez B, Best S, Zimmer R, Palakshappa D. What a city eats: Examining the dietary preferences of families living in communities at high risk for food insecurity. *Journal of Clinical and Translational Science*. 2021;5(1):e55.
11. Bandura A. Self-Efficacy: The Exercise of Control. New York (US): W.H. Freeman and Company; 1997.
12. Knol LL, Robb CA, McKinley EM, Wood M. Very low food security status is related to lower cooking self-efficacy and less frequent food preparation behaviors among college students. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 2019;51(3):357–363.
13. Metta K, Olabisi L, Wallace R. A system dynamics approach to examining household food insecurity. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*. 2021;10(2):455–472. doi:10.5304/jafscd.2021.102.028.
14. Xazela N, Chinyamurindi W, Shava H. The link between self-efficacy and nutrition knowledge beliefs: Findings from South Africa. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2021;21(1):1–17.
15. Coates J, Swindale A, Bilinsky P Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) for Measurement of Food Access: Indicator Guide. Food and Nutrition Technical Assistance. USA: USAID; 2007.

16. Martin KS, Colantonio AG, Picho K, Boyle KE. Self-efficacy is associated with increased food security in novel food pantry program. *Population Health*. 2016; 2 (2016): 62-67.
17. Salarkia N, Omidvar N, Zaeri F, Zeinab HE, Neyestani TR. 2015. Mother's self-efficacy mediates the relationship between household food insecurity and maternal infant feeding styles. *Matern Child Health J*. 19(11): 1-20.
18. Ramadhan MF, Siroj RA, Afgani MW. Validity and Realibility (Bahasa: Validitas dan Relibialitas). *Journal on Education*. 2024; 6(2): 10967-10975.
19. Central Statistics Agency. Cianjur Regency in Figures 2024 (Bahasa: Kabupaten Cianjur Dalam Angka 2024). Cianjur (ID): Badan Pusat Statistik Kabupaten Cianjur; 2024.
20. Fatmah F. Factors associated with food security in Depok City, Indonesia during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study. *Frontiers*. 2024;8(1):1-10.
21. Putri NE, Yamin M. Linkage between Village Traditional Markets and Food Accessibility and Availability among Farmer Households (Bahasa: Keterkaitan Pasar Kalangan Desa dengan Aksesibilitas dan Ketersediaan Pangan Rumah tangga Petani). *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 2021;5(1):27-36.
22. Widiada IGN, Yunita L, Abdi LK, Utama LJ, Chandradewi A, Darawati M. Household food security, dietary diversity and nutritional status of children 6-59 months old in Central Lombok, Indonesia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2025;45(2):70-77.
23. Azharudin M, Masruil PIA, Putri SF, Fitrianto AR. Family food self-sufficiency during the pandemic through yard utilization (Bahasa: Kemandirian Pangan Keluarga di Masa Pandemi dengan Pemanfaatan Lahan Pekarangan). *Abdi: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*. 2022;4(2):292-299.
24. Aulia P, Puspitasari DI, Huzaimah N, Wardita Y, Sandi AP. Stunting and maternal factors (education, nutrition knowledge, parenting, and self-efficacy) (Bahasa: Stunting dan Faktor Ibu (Pendidikan, Pengetahuan Gizi, Pola Asuh, dan Self Efficacy)). *Journal of Health Science*. 2021;6(1):27-31.
25. Martin KS, Colantonio AG, Picho K, Boyle KE. Self-efficacy is associated with increased food security in a novel food pantry program. *Population Health*. 2016;2:62-67.
26. Maxwell D, Caldwell R. Measuring food insecurity: Can an indicator based on localized coping behaviors be used to compare across contexts? *Food Policy*. 2008;33(6):533-540.
27. Lybaws L, Renyoet BS, Sanubari TPE. Analysis of the relationship between food coping strategies and household food security among urban poor households in Salatiga City (Bahasa: Analisis Hubungan Food Coping Strategies terhadap Ketahanan Pangan Rumah Tangga Miskin di Kota Salatiga). *Amerta Nutrition*. 2022;6(1):32-43.
28. Mauludyani AVR, Khomsan A, Riyadi H, Nurhidayati VA, Fatchiya A. Determinants of children's nutritional status in rural and urban areas of West Java, Indonesia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2025;45(2):20-26.
29. Aisyah IS, Khomsan A, Tanziha I, Riyadi H. Modeling hidden hunger in toddlers to determine the most influential micronutrients in stunting. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2024; 44(3):235-243.
30. Vilcins D, Sly PD, Jagals P. Environmental risk factors associated with child stunting: A systematic review of the literature. *Annals of Global Health*. 2018;84(4):551-562.
31. Global Alliance. Urban Children and Malnutrition. Zurich (CH): Global Alliance – Cities 4 Children; 2021.

Factors associated with stunting prevalence in Indonesia: a multilevel analysis of island disparities

Anna Vipta Resti MAULUDYANI^{1,2}, Mewa ARIANI³, Sri Hastuti SUHARTINI³, Rindang EKAWATI³,
Mugia Bayu RAHARDJA³, Herlina TARIGAN³, Anggit GANTINA⁴, Ahmad SYAFIQ¹

¹ Faculty of Public Health, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.

² Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, West Java, Indonesia.

³ National Research and Innovation Agency (BRIN), Jakarta, Indonesia.

⁴ National Food Agency, Jakarta, Indonesia.

Recibido: 13/agosto/2025. Aceptado: 12/septiembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Stunting among children under the age of five is a major public health challenge in Indonesia. Several factors have been identified as influencing stunting; however, Indonesia has several islands with unique characteristics that may impact them.

Objectives: This study aims to investigate factors associated with district-level stunting prevalence while accounting for island-level variation.

Methods: This study utilised data mainly from the 2020 Food Security and Vulnerability Atlas (FSVA) of the Indonesian Ministry of Agriculture. The FSVA collected 2019 indicators and was published in 2020. The independent variables are classified into two levels: the district level (514 districts) and the island level (eight major islands). The analysis was done using multilevel linear regression.

Results: Most districts (473 out of 514) have a high or very high prevalence of stunting. The results showed that poverty, households with food expenditures greater than 65%, households without water, and women's education were all positively associated with stunting at the district level, but health personnel coverage was negatively associated. At the island level, Gross Regional Domestic Products (GRDP) were found to be negatively linked with stunting.

Conclusion: Poverty and lack of basic infrastructure continue to be major contributors to stunting. Given Indonesia's breadth and number of islands, stunting-reduction initiatives are customised to regional challenges, with a focus on regions where stunting is more prevalent.

KEYWORDS

Stunting, Socioeconomic Factors, Poverty.

INTRODUCTION

Stunting remains a significant public health concern in many countries, particularly in developing nations. Children with stunted growth cannot grow and develop optimally, as expected, at their respective growth and development stages. Children who experience stunting, especially under the age of two, will affect other aspects of life, such as education, health, work productivity, and participation in social life in adulthood¹. Stunting has a negative impact on health and socioeconomics, affecting the quality of the next generation. Therefore, stunting is used as an indicator of the quality of human resources and the welfare of a nation.

Globally, 149.2 million, or 22 percent, of children under five are stunted². According to the 2022 Indonesian Nutrition Status Survey (SSGI), the prevalence of stunting has declined from 24.4% in 2021 to 21.6% in 2022. East Nusa Tenggara records the highest stunting rate at 35.3%, while Bali Province has the lowest rate at 8%³. Indonesia aims to lower stunting rates, as detailed in the 2020-2024 RPJMN, and reinforced by Presidential Regulation No. 72 of 2021, which sets a goal to reduce stunting to 14% by 2024.

Correspondencia:

Anna Vipta Resti Mauludyani
anna-vipta@apps.ipb.ac.id

Stunting arises from a combination of intricate and interrelated factors. It is influenced not just by inadequate food quality and quantity but also by ineffective parenting practices and limited access to healthcare and social services, spanning individual, household, and community levels⁴. Based on the WHO Conceptual Framework, factors that influence stunting in the context of a community or country include socio-cultural, educational, political, economic, health, healthcare, water, environmental sanitation, and agricultural and food systems. At the household level, the causes are inadequate breastfeeding, childcare, supplementary feeding, maternal factors, housing conditions, the presence of infections, low food quality, and food and water safety⁵. In addition to maternal education, the ability of the region to provide health facilities and qualified health workers is also related to the prevalence of stunting⁶.

Economic improvement in a country can improve the overall health of its population, including the well-being of children. Studies in Sub-Saharan Africa revealed a decline in stunting rates as GDP per capita increased⁷. Related to economic growth, a study found that poor economic growth contributes to increased poverty.

Research on stunting factors, seen individually and in households, has been widely conducted, while area-level studies are still rarely carried out. Similarly, multilevel analysis research includes regions, even though research using such analysis is important to see heterogeneity and homogeneity between regional units⁸. Previous studies have identified determinants of stunting using multivariate analyses, taking into account the province and national levels, as well as individual, household, and community levels (cluster, district, province)⁸⁻¹⁰. Despite Indonesia's large size and diverse regional features, no multivariate study at the island level has been identified. These island-specific characteristics related to stunting discrepancies serve as a reference for more efficient and focused program interventions, emphasising the importance of considering heterogeneity between islands. Given this, the objective of this study is to investigate the factors that contribute to stunting prevalence in districts across Indonesia, considering island-level variance.

METHOD

This cross-sectional study was carried out between January and June 2024, utilizing secondary data collected in 2019 from the Indonesian Ministry of Agriculture, the National Population and Family Planning Agency, and BPS-Statistics Indonesia. This study examined data from all districts included in the 2020 Food Security and Vulnerability Atlas (2019 data indicators) compiled by the Food Security Agency of the Indonesian Ministry of Agriculture, which comprised 514 districts.

The dependent variable is the proportion of children under the age of five who are stunted (height-for-age z-score/HAZ

below -2 SD). The independent variables are divided into two levels: the district level, which includes poverty, households with food expenditures greater than 65%, households without electricity, households without access to clean water, health worker coverage, and women's schooling; and the island level, which includes dietary diversity, fertility rate, and Gross Regional Domestic Product (GRDP). (Table 1).

Poverty is calculated as the proportion of the population living below the national poverty level. The poverty line in Indonesia is measured by adding up food expenditure, which reaches 2100 calories/capita/day, and expenditure on essential non-food needs, such as housing, clothing, education, and healthcare.

The population whose average monthly per capita expenditure is below the poverty line is categorized as poor. Health worker coverage was defined as the land area served by one health worker (in square kilometres), whereas women's schooling was determined by the average number of years of schooling for women aged 15 and up.

Dietary diversity was assessed using the Desirable Dietary Pattern (DDP) score. The calculation of the DDP score refers to the Guidelines for Calculating the Desirable Dietary Pattern by the Food Security Agency¹¹.

The adolescent fertility rate was computed as births per 1000 women aged 15–19 years. The 2019 fertility rate data were obtained from the National Population and Family Planning Agency.

The GRDP was determined per capita gross domestic product at a constant price for a district/city (billion IDR). Data on GRDP in 2019 were obtained from the publication of BPS-Statistics Indonesia.

This study employs both descriptive and inferential statistical analyses. Descriptive analysis was used to explore the data for each variable studied, while inferential analysis used multilevel regression.

The multilevel regression model with a random intercept is shown in the following equation:

$$Y_{ij} = Y_{00} + Y_{01}Z_j + \beta_{1j}X_{ij} + u_{0j} + e_{ij}$$

where the $[Y_{00} + Y_{01}Z_j + \beta_{1j}X_{ij}]$ is the fixed effect and $[u_{0j} + e_{ij}]$ is the random effect of the multilevel regression model¹².

The data structure studied consists of two levels: Level 1 encompasses all districts and cities in Indonesia, totaling 514, while large islands in Indonesia categorize Level 2. There are eight major islands: Sumatra, Java, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, and Papua.

Initially, this study checks for assumption testing (normality, homoscedasticity, non-autocorrelation, and non-multicollinearity), and the results show that the regression model

Table 1. Variable included in the study

Variable	Definition	Source	Year
District (Level 1)			
Stunting prevalence	Prevalence of stunting among children under five	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Poverty	Proportion of population living below the national poverty line	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Households with food expenditure >65%	Proportion of households with food expenditure share more than 65%	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Households without electricity	Proportion of population without access to electricity	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Households without water	Proportion of population without access to clean water	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Life expectancy at birth	Number of years a newborn infant would live	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Health worker coverage	Land area served by one health worker (squared km)	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Women schooling	Average years of schooling for women aged 15 years and older	FSVA, MoA	2020 (2019 indicators)
Island (Level 2)			
Dietary diversity	Score of Desirable Dietary Pattern	MoA	2019
Fertility rate	Adolescent fertility rate (births per 1000 women aged 15-19)	NPFPA	2019
GRDP	Per capita gross domestic product at constant price of a district/city (billion IDR)	BPS-Statistics Indonesia	2019

GRDP: Gross Regional Domestic Product; FSVA: Food Security and Vulnerability Atlas; MoA: Ministry of Agriculture; NPFPA: National Population and Family Planning Agency.

has met all assumptions. The estimated value of the variance component without independent variables for the residual parameter is 72.87, the intercept value is 17.29, and the ICC value is 0.1941. After obtaining the ICC value, the next step is to form a random intercept model and determine the parameter estimation value using the maximum likelihood method. The final step is to test the significance of the coefficient estimates using the Wald test statistic.

RESULTS

An overview of regional conditions by district/city, island, and percentage of stunted children under five is shown in Table 2. In general, it was found that the average percentage of stunted children under five in Indonesia in 2019 was still high at 31.7 percent. There were 290 districts/cities with very high stunting prevalence ($\geq 30\%$), 183 with high prevalence (20-29.9%), 32 with medium prevalence (10-19.9%), and 9 with low prevalence¹³.

The average proportion of individuals living in poverty in districts or cities was 11.9%. Most of the poor districts/cities

are located on the islands of Nusa Tenggara and Papua. The prevalence of households with a food expenditure of more than 65% was lowest at 1.9% in Gorontalo City. Vice versa, ninety-four percent of households in Puncak Jaya district spent more than 65% of their budget on food purchases. There were 31.56% of households that lacked access to electricity, while 69.35% did not have access to clean water. The primary source of drinking water comes from unprotected sources, unprotected springs, surface water, rainwater, and others. There are three districts on Papua Island where all households cannot access clean water.

Regarding health workers, each person serves an area of 7.48 square kilometres. Health workers on duty in the Papua Island region, on average, serve over 89 square kilometres, due to the population density of 9 people per square kilometre. In contrast to Java Island, where the population density ranges from 831 to 15,900 people per square kilometre, each health worker serves an area of 0.1-0.5 square kilometres. The average number of years of education for women aged 15 and older was 8.26 years, indicating that they had completed

Table 2. Summary statistics of the variables included in the study

Variable	Level	Mean	SD
Socioeconomic			
Poverty (%)	1	11.94	7.76
Food expenditure >65 (%)	1	3.69	9.58
GRDP (billion IDR/ million USD)	2	40.37/2.69	9.31/0.62
Infrastructure			
Households without electricity (%)	1	31.56	20.62
Households without water (%)	1	69.35	3.69
Health			
Stunting prevalence (%)	1	31.70	9.02
Health worker coverage (squared km)	1	7.48	17.42
Dietary diversity	2	80.39	5.8
Adolescent fertility rate (births per 1000 women aged 15-19)	2	30.45	6.51
Education			
Women schooling (years)	1	8.31	1.65

their education up to the lower secondary level. This achievement is still lower than the government's target of 12 years of compulsory education, which includes 6 years of elementary education and 6 years of secondary education.

There are five islands that have DDP scores above 80, and the lowest score (68.6) is in the Papua Island region. The average number of children born per 1000 women in the 15-19 group was 30. The variation in fertility rates is wide, ranging from 2 children (Java Island) to 95 children (Kalimantan Island) per 1000 female births. The average GRDP value was IDR 40 billion (USD 2.6 million). The lowest GRDP on the island of Nusa Tenggara (IDR 10.8 billion, equivalent to USD 720,000), while districts/cities with GRDP per capita above IDR 43 billion (USD 2.8 million) were located on the islands of Kalimantan, Sulawesi, and Java.

Table 3 presents the outcomes of the multilevel linear regression models for factors at the district and island levels. Overall, there were 5 out of 6 variables in Level 1 (district) and 1 out of 3 variables in Level 2 (island) associated with

stunting prevalence in Indonesia. In Level 1, poverty, food expenditure >65%, households without clean water, and women's schooling were directly linked to stunting. In contrast, health worker coverage was negatively associated with stunting. In Level 2, GRDP was negatively associated with stunting, which means economic growth on each island can help decrease the rate of stunting.

A higher percentage of the population residing below the poverty threshold and a proportion of households with a food expenditure share of more than 65 percent were correlated with an increased rate of stunting. Additionally, a greater percentage of households lacking access to clean water, along with the average years of schooling for women aged 15 and older, were linked to an increased prevalence of stunting. Regarding health, lower health worker coverage was significantly related to higher stunting prevalence. Moreover, lower GRDP was associated with higher stunting prevalence.

DISCUSSION

Socioeconomic

Poverty and Stunting

There is a significant relationship indicating that the larger the share of people living in poverty in an area, the higher the rate of stunting in that area. Household poverty generally makes it difficult for mothers and children to obtain nutritious food at affordable prices.

Several studies in various countries have found results that are in line with these results. Research in Indonesia suggests that poverty has a significant impact on the rise of stunting¹⁴. Risk factors for stunting in children aged 1-60 months in Indonesia include low family income¹⁵.

Research in Peru also suggests that increasing poverty triggers an increase in stunting and suggests that the key to reducing stunting is economic growth policies that reduce the number of poor people and encourage the fulfillment of food supplements¹⁶. The wealth of poor households is a factor linked to stunting in children under five in Ethiopia¹⁷.

Food Expenditure and Stunting

The findings of this study indicate that the more households with food expenditures above 65% in an area, the greater the prevalence of stunting in that area. Consistent with this, the findings of other studies show that households with a higher proportion of food expenditure are at high risk of having a stunting prevalence above 30%¹⁸.

Food expenditure is a crucial factor in determining a household's ability to satisfy its food consumption needs¹⁹. Meanwhile, if using the food expenditure share variable, it can refer to Engel's law, which this concept explains that as income rises, the proportion of spending on food decreases.

Table 3. Multilevel multivariate analysis of stunting prevalence

Variable	Level	B	p	95% CI
Intercept		17.615	0.005*	5.404; 29.826
Socioeconomic				
Poverty (%)	1	0.203	0.011*	0.046; 0.361
Food expenditure >65 (%)	1	0.064	0.031*	0.005; 0.122
GRDP (billion IDR/million USD)	2	-0.028	0.031*	-0.052; -0.012
Infrastructure				
Households without electricity (%)	1	0.102	0.064	-0.006; 0.210
Households without water (%)	1	0.093	0.001*	0.039; 0.148
Health				
Health worker coverage (km ²)	1	-0.065	0.043*	-0.128; 0.002
Dietary diversity	2	0.010	0.860	-0.103; 0.124
Adolescent fertility rate (births per 1000 women aged 15-19)	2	0.032	0.198	-0.016; 0.081
Education				
Women schooling (years)	1	0.704	0.030*	0.066; 1.341

GRDP=Gross Regional Domestic Products; * Multiple linear regression, $p < 0.05$.

Put differently, the lower the household income, the greater the proportion of spending on food. This is because with limited income, there is not much choice in the amount, type, and quality of food purchased to fulfil the nutritional requirements of all household members, including children under five. In these households, children under five are more vulnerable to stunting resulting from inadequate food intake in the form of nutrients⁶.

GRDP and Stunting

The analysis reveals that GRDP has a significant impact on the prevalence of stunting. Specifically, a 10 percent rise in GRDP per capita leads to a 0.28 percent reduction in the stunting rate. Another study in Indonesia using Basic Health Research data in 2013 from 497 districts/cities spread across 33 provinces in Indonesia also found that children living in regions with a higher GDP per capita had a lower likelihood of being stunted compared to those in areas with a lower GDP⁹. A one billion rupiah (USD 66,667) increase in GDP can reduce stunting and severe stunting by one percent²⁰. The three findings of this study demonstrate a similar pattern: the higher the national GDP or GRDP, the stronger the effect on lowering the prevalence of stunting in children under five. Research

conducted in 74 developing countries, including Indonesia, from 1984 to 2014, revealed that a 10% increase in GDP per capita could reduce the prevalence of stunting by 2.7 percent²¹. Increasing GDP will reduce stunting prevalence, which is also evident in Sub-Saharan Africa⁷.

Economic growth is an important driver of stunting reduction²². The prevalence of stunting and rising national wealth are related through two complementary mechanisms. Increases in population income are linked to economic growth in a nation or region. Most of their income will be spent on items and services important to their families' health and nutrition. The provision of social and health infrastructure is one way that a growth in GDP or GRDP might stimulate investment in public services²¹.

Infrastructure

Access to Clean Water and Stunting

The findings of this study demonstrate that access to clean water plays a crucial role in the occurrence of stunting in children under five. There is a direct link between households lacking access to clean water and higher rates of stunting; households lacking access to clean water are more likely to

have children who are stunted. Access to clean water and proper sanitation within the household is crucial for the health of family members. Suppose the water obtained is not clean or the sanitation is poor. In that case, it can cause family members to be susceptible to disease, disrupt their metabolism, and stifle growth, especially in infants and children, whose immune systems are not as robust as those of adults. Several studies conducted in Indonesia and other countries also show results that are consistent with the results of this study.

Several other studies in Indonesia have found similar results to this analysis. There is a significant association between stunting and household sanitation and water treatment facilities during the pandemic era in rural areas²³. The risk of stunting is greater for children living in communities without access to clean water⁸. Studies in other countries, such as Punjab, show that children under the age of 2 with improved access to drinking water have a lower likelihood of being stunted²⁴.

Health

Health Worker Coverage and Stunting

The health worker coverage in this study is inversely related to stunting. Lower health worker coverage was significantly associated with a higher prevalence of stunting. This is consistent with a systematic review that found that limited access to health facilities and the quality of health workers are associated with stunting²⁵.

Health facilities, including the quality and quantity of healthcare workers, play a crucial role in addressing stunting. Regular visits by health workers to monitor and treat malnutrition cases have been shown to reduce the chance of stunting significantly²⁶. Therefore, the presence of health cadres plays a vital role in combating stunting, namely, to provide counselling to mothers who have children under five²⁷. Nevertheless, the variable (km² per worker) is a proxy and may not reflect the service's effectiveness or quality.

Education

Women's Schooling and Stunting

The analysis results show that as the average years of schooling for women aged 15 years and above increase, the rate of stunting also increases. Greater levels of female education enhance the likelihood of women making contributions to the household economy by working outside the home. Consequently, they spend less time in the family taking care of household affairs and looking after children, infants, and other family members. Working women are required to start work sometime after giving birth. Time spent working outside the home reduces time for breastfeeding and complementary feeding, breastfeeding schedules become more irregular, and the duration of breastfeeding time becomes shorter.

Working mothers have a multi-layered life of caring for children and earning a living. When women work, childcare and feeding must be left to others, whether family members or household assistants who have less education and limited knowledge of caring for infants. This situation will increase the chances of infants not getting enough consumption in quantity, quality, and safety to meet the Recommended Dietary Allowances (RDA). Consistent with the findings of this study, research in Indonesia through multinomial logistic regression tests found that working mothers residing in rural areas are more likely to have children under five who are stunted or severely stunted²⁸.

The results of this research significantly contrast with those of a study that identified the primary factors contributing to stunting in children under the age of 5 in Indonesia were maternal education level²⁹. When the effect of a mother's education on stunting was compared, it was discovered that children whose mothers had an education faced a 75% reduced risk of stunting. Other studies have shown a positive connection between a mother's education and her knowledge, especially regarding nutrition and child care, and the occurrence of stunting in children under five years of age³⁰.

Limitations of the Study

Numerous factors, including those that directly affect children under five, like parenting, diet, and disease; household factors (mother's role and household conditions); community; and social, economic, and political conditions of a region, all contribute to the rate of stunting in young children. However, as one of our study's limitations, the factors that lead to stunting in young children are limited to those used to develop the Indonesian FSVA, which focuses on household and regional-level factors. Another limitation is that some indicators are proxies. For example, the variable of health worker coverage is a proxy (km² per worker) and does not reflect the quality or effectiveness of the service.

Despite its limitations, which cover only variables available on FSVA, this study aims to provide a comprehensive overview of the current state of district/city development, as it encompasses all districts and cities in Indonesia. The application of multilevel analysis to Indonesia's eight largest islands will reveal whether policies or initiatives to alleviate or eliminate stunting should be uniform across all districts and cities or tailored to each island.

CONCLUSIONS

The findings of this study suggest that a woman's limited formal education, her family's financial situation, how much money is spent on food, and her family's access to clean water are all factors that influence the prevalence of stunting in children under five years old. Moreover, it is also influenced by the regional GRDP and the shortage of health profession-

als. Therefore, to not only reduce but also avoid the prevalence of stunting, household purchasing power must be increased by expanding employment opportunities. Given that Indonesia's broad geography is made up of both large and small islands, each of which has unique characteristics, policies or programs to eliminate stunting need not be the same for all regions but can instead be adjusted to the local conditions. The results of this research confirm the lower rates of stunting in wealthier island areas. Therefore, each community should not receive the same amount or share of funding for programs to prevent stunting.

ACKNOWLEDGEMENT

We appreciate the Indonesian Ministry of Agriculture's Food Security Agency for providing the 2020 Food Security and Vulnerability Atlas. This study was funded through a grant from the Indonesian Education Scholarship, provided by the Centre for Higher Education Funding and Assessment, Ministry of Higher Education, Science, and Technology of the Republic of Indonesia, and the Endowment Fund for Education Agency, Ministry of Finance of the Republic of Indonesia.

REFERENCES

1. Huicho L, Huayanay-Espinoza CA, Herrera-Perez E, Segura ER, Niño de Guzman J, Rivera-Ch M, et al. Factors behind the success story of under-five stunting in Peru: a district ecological multilevel analysis. *BMC Pediatr* [Internet]. 2017 Dec 19;17(1):29. Available from: <https://bmcpediatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12887-017-0790-3>
2. UNICEF, WHO, World Bank. Level and trends in child malnutrition [Internet]. 2021 [cited 2023 Apr 11]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240025257>
3. Kementerian Kesehatan RI. Hasil Survei Status Gizi Indonesia 2022 [Internet]. Jakarta; 2022 [cited 2023 Jul 26]. Available from: https://promkes.kemkes.go.id/download/grip/files46531.MATERI_KABKPK_SOS_SSGI.pdf
4. Budge S, Parker AH, Hutchings PT, Garbutt C. Environmental enteric dysfunction and child stunting. *Nutr Rev* [Internet]. 2019 Apr 1;77(4):240–53. Available from: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/77/4/240/5309014>
5. WHO. Childhood stunting: Context, causes and consequences [Internet]. 2016 [cited 2023 Apr 11]. 1–4 p. Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/childhood-stunting-context-causes-and-consequences-framework>
6. Beal T, Tumilowicz A, Sutrisna A, Izwardy D, Neufeld LM. A review of child stunting determinants in Indonesia. *Matern Child Nutr* [Internet]. 2018 Oct 17;14(4):e12617–10. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mcn.12617>
7. Yaya S, Uthman OA, Kunnuji M, Navaneetham K, Akinyemi JO, Kananura RM, et al. Does economic growth reduce childhood stunting? A multicountry analysis of 89 Demographic and Health Surveys in sub-Saharan Africa. *BMJ Glob Heal* [Internet]. 2020 Jan 23;5:e002042. Available from: <https://gh.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjgh-2019-002042>
8. Mulyaningsih T, Mohanty I, Widyaningsih V, Gebremedhin TA, Miranti R, Wiyono VH. Beyond personal factors: Multilevel determinants of childhood stunting in Indonesia. *Metwally AM*, editor. *PLoS One* [Internet]. 2021 Nov 19;16(11):e0260265. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0260265>
9. Wicaksono F, Harsanti T. Determinants of stunted children in Indonesia: A Multilevel Analysis at the individual, household, and community levels. *Kesmas Natl Public Heal J* [Internet]. 2020 Feb 1;15(1):48–53. Available from: <http://journal.fkm.ui.ac.id/kesmas/article/view/2771>
10. Titley CR, Ariawan I, Hapsari D, Muasyaroh A, Dibley MJ. Determinants of the stunting of children under two years old in Indonesia: A multilevel analysis of the 2013 Indonesia Basic Health Survey. *Nutrients* [Internet]. 2019 May 18;11(5):1106. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/5/1106>
11. Badan Ketahanan Pangan. Panduan penghitungan Pola Pangan Harapan (PPH) [Internet]. 2015 [cited 2023 Jul 28]. 1–28 p. Available from: http://diskepang.riau.go.id/home/download/BUKU_PEDOMAN_PENYUSUNAN_PPH.pdf
12. Hox J, Moerbeek M, van de Schoot R. Multilevel analysis: Techniques and applications [Internet]. Vol. 2, Multilevel Analysis: Techniques and Applications: Second Edition. Routledge; 2010. 1–382 p. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781136975356>
13. de Onis M, Borghi E, Arimond M, Webb P, Croft T, Saha K, et al. Prevalence thresholds for wasting, overweight and stunting in children under 5 years. *Public Health Nutr* [Internet]. 2019 Jan 9;22(1):175–9. Available from: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1368980018002434/type/journal_article
14. Sari DDP, Sukanto S, Marwa T, Bashir A. The causality between economic growth, poverty, and stunting: empirical evidence from Indonesia. *J Perspekt Pembiayaan dan Pembang Drh* [Internet]. 2020 Apr 30;8(1):13–30. Available from: <https://online-journal.unja.ac.id/JES/article/view/8834>
15. Wicaksono RA, Arto KS, Mutiara E, Deliana M, Lubis M, Batubara JRL. Risk factors of stunting in Indonesian children aged 1 to 60 months. *Paediatr Indones* [Internet]. 2021 Jan 24;61(1):12–9. Available from: <https://paediatricaindonesiana.org/index.php/paediatrica-indonesiana/article/view/2461>
16. Huicho L, Vidal-Cárdenas E, Akseer N, Brar S, Conway K, Islam M, et al. Drivers of stunting reduction in Peru: a country case study. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2020 Sep;112(Suppl):816S–829S. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002916522009571>
17. Woldeamanuel BT, Tesfaye TT. Risk factors associated with under-five stunting, wasting, and underweight based on Ethiopian Demographic Health Survey Datasets in Tigray Region, Ethiopia. *J Nutr Metab* [Internet]. 2019 Dec 20;2019:1–11. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jnme/2019/6967170/>
18. Mauludyani AVR, Suryana EA, Ariani M. Factors associated with undernutrition and improvement in Indonesia. *IOP Conf Ser Earth*

- Environ Sci [Internet]. 2021 Nov 1;892(1):012108. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/892/1/012108>
19. Li H, Yuan S, Fang H, Huang G, Huang Q, Wang H, et al. Prevalence and associated factors for stunting, underweight and wasting among children under 6 years of age in rural Hunan Province, China: a community-based cross-sectional study. BMC Public Health [Internet]. 2022 Dec 11;22(1):483. Available from: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-022-12875-w>
 20. Siswati T, Waris L, Paramashanti BA, Kusnanto H, Susilo J. Gross domestic product and geographic area as social determinants of child stunting and severe stunting in Indonesia: A multilevel analysis. J Gizi dan Diet Indones (Indonesian J Nutr Diet [Internet]. 2022 Dec 30;10(3):87–99. Available from: <https://ejournal.almaata.ac.id/index.php/IJND/article/view/2101>
 21. Mary S. How much does economic growth contribute to child stunting reductions? Economies [Internet]. 2018 Oct 9;6(4):55. Available from: <http://www.mdpi.com/2227-7099/6/4/55>
 22. Smith LC, Haddad L. Reducing child undernutrition: Past drivers and priorities for the Post-MDG Era. World Dev [Internet]. 2015 Apr 1;68(1):180–204. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305750X14003726>
 23. Yunitasari E, Lee BO, Krisnana I, Lugina R, Solikhah FK, Aditya RS. Determining the factors that influence stunting during pandemic in rural Indonesia: A Mixed Method. Children [Internet]. 2022 Aug 8;9:1189. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9067/9/8/1189>
 24. Haq W, Abbas F. A multilevel analysis of factors associated with stunting in children less than 2 years using Multiple Indicator Cluster Survey (MICS) 2017–18 of Punjab, Pakistan. SAGE Open [Internet]. 2022 Apr 12;12(2):1–12. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21582440221096127>
 25. Mangundap SA, Amyadin A, Tampake R, Umar N, Iwan I. Health cadre education on providing stunting risk family assistance toward children. Open Access Maced J Med Sci [Internet]. 2022 Mar 8;10(G):306–10. Available from: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/8548>
 26. Shahid M, Ameer W, Malik NI, Alam MB, Ahmed F, Qureshi MG, et al. Distance to healthcare facility and lady health workers' visits reduce malnutrition in under five children: A case study of a disadvantaged rural district in Pakistan. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2022 Jul 5;19(13):8200. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/13/8200>
 27. Fajrianti D, Yunitasari E, Pradanie R. The correlation between personal reference: Health workers and health facilities with parenting in stunting prevention. Peditmaternal Nurs J [Internet]. 2020 Aug 20;6(2):125–32. Available from: <https://e-journal.unair.ac.id/PMNJ/article/view/20966>
 28. Laksono AD, Sukoco NEW, Rachmawati T, Wulandari RD. Factors related to stunting incidence in toddlers with working mothers in Indonesia. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2022 Aug 26;19(17):1–9. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/17/10654>
 29. Mauludyani AVR, Khomsan A, Riyadi H, Nurhidayati VA, Fatchiya A. Determinants of children's nutritional status in rural and urban areas of West Java, Indonesia. Nutr Clin y Diet Hosp. 2025; 45(2):20–6.
 30. Bitew FH, Sparks CS, Nyarko SH, Apgar L. Spatiotemporal variations and determinants of under-five stunting in Ethiopia. Food Nutr Bull [Internet]. 2023 Mar 23;44(1):27–38. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03795721231158503>

***Hydropuntia edulis* as a nutritional therapeutic agent for human melanoma: In silico approach and in vitro validation for functional food application**

Enggar Yusrina HASYYATI^{1,2}, Maftuchah ROCHMANTI³, NAFHAH¹, Adha Fauzi HENDRAWAN⁴, Arifa MUSTIKA³, Happy Kurnia PERMATASARI⁵, Gioconda MILLOTTI⁶, Fahrul NURKOLIS^{1,7,8}

1 Master of Basic Medical Science, Faculty of Medicine, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

2 Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, Muhammadiyah University of Surabaya, Indonesia.

3 Department of Anatomy, Histology, and Pharmacology, Faculty of Medicine, Universitas Airlangga, Surabaya.

4 Department of Medicine, Faculty of Medicine, Public Health, and Nursing, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

5 Department of Biochemistry and Biomolecular, Faculty of Medicine, Brawijaya University, Malang, Indonesia.

6 Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University of Pula, Pula, Croatia.

7 State Islamic University of Sunan Kalijaga (UIN Sunan Kalijaga), Yogyakarta, Indonesia.

8 Medical Research Center of Indonesia (MRCI), Surabaya, Indonesia.

Recibido: 26/junio/2025. Aceptado: 12/septiembre/2025.

ABSTRACT

Background: Melanoma is one of the deadliest forms of skin cancer, with rising incidence and limited responsiveness to conventional chemotherapy. Marine macroalgae have recently emerged as a promising source of novel bioactive compounds with potential anticancer properties.

Objective: This study aimed to investigate the anticarcinogenic and antioxidant potential of *Hydropuntia edulis* extract (HEE) using integrated metabolomic profiling, in silico predictions, and in vitro validation against melanoma.

Methods: Untargeted LC-HRMS metabolomic profiling was conducted to identify bioactive constituents in HEE. Key compounds were further analyzed through structure–activity relationship (SAR), ADMET, and molecular docking simulations targeting melanoma-related proteins (BRAF, AKT1, EGFR, and TYRO3). Antioxidant and antiproliferative effects were assessed using DPPH and MTT assays on B16-F10 melanoma cells.

Results: Several metabolites including Sangivamycin, Michosterol C, Linamarin, and Elaiomycin K were identified. SAR analysis showed high antineoplastic probability for Linamarin (Pa = 0.831), Sangivamycin (Pa = 0.730), and

Michosterol C (Pa = 0.759). Michosterol C showed strong binding affinity to BRAF (−9.2 kcal/mol), comparable to Dabrafenib (−9.1 kcal/mol). HEE demonstrated dose-dependent DPPH radical scavenging and inhibited melanoma cell proliferation with IC50 values similar to positive controls.

Conclusion: This study highlights *Hydropuntia edulis* as a promising source of nutraceutical agents against melanoma. Through a combination of metabolomic profiling, computational prediction, and in vitro testing, HEE was shown to contain multiple bioactive compounds with antioxidant and antiproliferative potential. These findings suggest HEE could be further developed as a dietary supplement or functional food to support nutritional management of melanoma patients, rather than as a stand-alone chemotherapeutic. Future studies including compound isolation, in vivo validation, and clinical trials are needed to clarify its relevance, optimal dosing, and safety profile.

KEYWORDS

Hydropuntia edulis, melanoma, metabolomics, molecular docking, anticancer, antioxidant, marine bioactives

INTRODUCTION

Marine-derived bioresources are increasingly recognized for their role in pharmaceutical innovation, particularly in oncology¹. Among them, macroalgae or seaweeds offer a vast chemical repertoire of secondary metabolites, including polyphenols, sulfated polysaccharides, terpenoids, and alka-

Correspondencia:
Maftuchah ROCHMANTI
maftuchah-r@fk.unair.ac.id

loids, which contribute to their broad-spectrum biological activities². In the Indonesian archipelago, *Hydropuntia edulis* (previously known as *Gracilaria edulis*), a red macroalga abundant in the eastern region, is traditionally utilized for food and commercial agar production, yet its pharmacological potential remains underexplored. However, evidence integrating seaweed bioactivity with clinical nutrition interventions for cancer patients remains scarce, representing a significant research gap that this study seeks to address³.

The most aggressive type of skin cancer is melanoma. Over the past few decades, its incidence has been gradually increasing, making global healthcare systems face an increasing burden⁴. In 2020, there were an anticipated 325,000 new cases of melanoma worldwide (174,000 men and 151,000 women), and 57,000 deaths (32,000 men and 25,000 women). The burden of melanoma is predicted to rise to 510,000 new cases (an increase of almost 50%) and 96,000 fatalities (an increase of 68%), by 2040, if the 2020 rates hold true⁵. Melanoma represents a pressing global health concern due to its aggressive nature and resistance to standard chemotherapeutic regimens⁶⁻⁸.

Mutations in oncogenic drivers such as BRAF, NRAS, and EGFR not only contribute to tumorigenesis but also offer molecular entry points for targeted therapy^{9,10}. The application of anti-BRAF drugs can result in the suppression of cell growth¹¹. Drugs that use immunotherapy have transformed the treatment of melanoma and greatly enhanced the prognosis of patients with advanced or metastatic cancer¹². However, current inhibitors like Dabrafenib and Encorafenib often lead to adverse effects and resistance, necessitating the search for safer, multitarget natural alternatives¹³.

Melanoma often shows a poor response to chemotherapy¹⁴. In this case, the investigation for new therapies is very important. Thus, *H. edulis* is highlighted in this area due to its numerous biological properties¹⁵. The present study evaluates the anticarcinogenic potential of *H. edulis* by employing an integrative approach that combines untargeted metabolomic profiling, SAR-based activity prediction, ADMET profiling, network pharmacology, molecular docking, and in vitro antioxidant and antiproliferative assays. This comprehensive strategy aims to unveil the multitarget mechanisms and nutritional therapeutic relevance of seaweed-derived compounds in melanoma treatment.

MATERIAL AND METHODS

Hydropuntia Edullis Preparation and Extraction

The plant sample used in this study was *H. Edullis* from Kupang, East Nusa Tenggara, Indonesia. Botanical identification and authentication of the samples, has been done using NCBI Taxonomy ID 172966 database (NCBI:txid172966). The study followed standard guidelines and regulations for plant-based in vitro experiments, Researchers also confirmed that

the Indonesian local authorities already approved the sample collection. Additionally, the cell lines procedures also complied with the institutional ethical guidelines. First, The *H. Edullis* sample was thoroughly cleaned with fresh water to remove salt and sand, then freeze-dried. After drying, the sample was coarsely powdered using a mechanical grinder and stored in an airtight container at -20 °C until extraction. The homogenized *G. edulis* powder (100 g) was subjected to a three-time extraction process employing 70% methanol (1L) followed by a sonication method at 25 °C. Subsequently, the polysaccharides within the crude methanol extract were precipitated using 70% ethanol with a mass-to-volume ratio 1:25. After evaporating the ethanol, the resultant algal extract was then partitioned with hexane, chloroform, and ethyl acetate to increase polarity. Finally, the resulting four fractions, along with crude methanol extract, were dried under vacuum conditions using the BUCHI Rotavapor R-300¹⁶.

Metabolites Profiling using Untargeted Metabolomic

LC/HRMS detects both major and minor constituents in natural extracts, providing a promising method for metabolomics and comprehensive metabolite discovery. The great sensitivity and efficiency of this method allow for the identification and validation of the chemical structures of plant metabolite molecules¹⁷. An untargeted metabolomic profiling of HEE, the analysis was conducted with employing Liquid Chromatography-High-Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS). For sample preparation, 50 µl of each extract was diluted with ethanol to a final volume of 1500 µl, followed by thorough mixing and filtration before injection into the LC-HRMS system. The instrumentation included a Thermo Scientific Dionex Ultimate 3000 RSLC nano HPLC equipped with dedicated columns and solvents, coupled with a Thermo Scientific Q Exactive mass spectrometer for high-resolution full scans and data-dependent MS/MS acquisition. This integrated approach enabled precise metabolite profiling of the seaweed extracts. The analytical protocols were adapted from previous work¹⁸, with modifications to enhance metabolite solubility, improve chromatographic peak resolution, and obtain a more comprehensive metabolite profile, which was essential for this study's objective of elucidating *H. edulis* bioactive composition.

Specifically, we adjusted the extraction ratio (1:25 w/v instead of 1:20), applied sonication at 25 °C for 30 min rather than 20 min, and used an ethanol re-dissolution step before LC-HRMS analysis to enhance solubility and peak resolution¹⁸.

In Silico Assessment

Prediction of phytochemical compound activities, and pharmacokinetic analysis

Assessment of the potential bioactivity of compounds identified from *H. Edullis* for antimelanoma and antioxidant treatment

used the WAY2DRUG PASS prediction tool (<https://www.pharmaexpert.ru/passonline/predict.php>), accessed on 05 April, 2024. This tool employs structure-activity relationship (SAR) analysis to compare the input compound with known compound in the database, to identify substances with specific potency¹⁹. A greater structural similarity between input compound and known compounds will lead to higher prediction score and comparable potential bioactivities. The Pa (Probability of Activity) value serves as the output prediction score, indicating the likelihood that the compound is active. A Pa value above 0.4 suggests that the compound has moderate potential. In our studies we use a cutoff score of 0.5 for evaluation purposes. The Pa value also reflects the precision, with higher Pa denoting increased accuracy¹². Additionally, this study also evaluate the toxicity and drug likeness of the compounds. ADMET (absorption, distribution, metabolism, excretion, and toxicity) parameters are used to evaluate how the compounds work across tissue and potential toxic effects²⁰. Drug similarity was assessed according to Lipinski's Rule of Five (Ro5). Each ligand's properties were calculated using SMILES notation, with data sourced from ADMET Lab 2.0 (<https://admetmesh.scbdd.com/service/evaluation/index>) accessed on, and Protox II databases (https://tox-new.charite.de/protox_II/index.php?site=compound_input) accessed on April 05, 2024, alongside with the PubChem database (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>) accessed on April 05, 2024²¹.

Protein target identification and analysis

Target analysis of *H. Edullis* was performed using the SuperPred target analysis tool (<https://prediction.charite.de/>), accessed on April 05, 2024. Target prediction were obtained by entering SMILES notation on each compounds. For the SuperPred analysis, the cut-off scores were set at 80 % (on a scale of 0 to 100 %). Genes and protein associated with Melanoma were obtained from the Open Target database (<https://opentargets.org/>), accessed on April 05, 2024. A Venn diagram was then used to identify overlapping targets, the disease related targets (melanoma) and the *H. Edullis* extract. Using (<https://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn/>), accessed on April 05, 2024.

Network pharmacology analysis

The goal of network pharmacology is to find genes linked to substances and illnesses, build a network of protein-protein interactions (PPIs), assess the network, and present the network 33. Version 12 of the STRING database (<https://string-db.org/>, accessed on April 14th, 2025) was utilized to investigate the interactions between the compound targets and the disease. This tool systematically compiles and integrates protein-protein interactions (PPIs) based on functional associations and physical interactions²². The analysis was conducted using "*Homo sapiens*" as the screening parameter, and the results were saved for further processing. All receptor sub-

strates were included in the analysis, with a high confidence score threshold of 0.9 set to ensure robust interactions.

Molecular docking simulation

A computer method for predicting ligands' binding affinities to receptor proteins is called molecular docking. It can be used in nutraceutical research, but it has become a powerful tool for medication development²³. Molecular docking simulation was carried out using Cavity-detection- guided Blind Docking (CB-Dock2). This method integrates homologous template fitting, docking, and cavity identification. CB-Dock 2 automatically identifies binding sites, determining the size and center, and adjusting the box's dimensions according to the ligands. CB-Dock2 also ranks the binding patterns according to Vina scores and provides 3D visualization of binding patterns. CurPocket (Curvature-based cavity detection technique) was carried out to further enhance the efficiency and accuracy of the docking process. The PubChem database was used to obtain the three-dimensional structure of target proteins²⁴. RSV Protein Data Bank (<https://www.rcsb.org>) provided the receptor proteins, including BRAF(3OG7), AKT1 (4EKL), EGFR (1M17), and TYRO3 (1RHF). Before docking, CB2-Dock server automatically removed water molecules from the uploaded protein structures.

In Vitro Assessment

Antioxidant via DPPH Inhibition

Since oxidative stress is linked to a number of illnesses, such as cancer, heart disease, and neurological disorders, the antioxidant activity of HEE is of interest. Antioxidants can help shield cells from harm and lower the risk of certain illnesses by scavenging free radicals and preventing lipid peroxidation. All things considered, in-silico research indicates that HEE and its bioactive constituents possess strong antioxidant properties²⁵. In order to quantify antioxidant capabilities, including the ability of compounds to act as hydrogen suppliers or free-radical scavengers (FRS), the 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method is widely used, rapid, simple, and reasonably priced.

By eliminating DPPH, a stabilized free radical, the DPPH testing technique is linked to its removal²⁴. Antioxidant activity was also assessed using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, following the procedure by Nurkolis and Kurniawan^{28,29}. All things considered, in-silico research indicates that HEE and its bioactive constituents possess strong antioxidant properties²⁶. The DPPH solution was prepared by dissolving 24 mg of DPPH in 100 mL of methanol. Sample concentrations of 45, 90, 135, 180, and 225µg/mL Seaweed Extract (HEE) were mixed with 3 mL of DPPH reagent in test vials and incubated at room temperature for 30 minutes. The reduction in DPPH concentration was determined by measuring absorbance at 517 nm. Trolox also was used as the positive control.

Evaluation of Antiproliferative Effects of HEE Using the MTT Assay

Cell toxicity research almost always uses the MTT test for measuring cellular metabolic activity²⁹. The cytotoxic activity was evaluated using the MTT assay, following protocols established before²⁶. B16-F10 melanoma cells, harboring wild-type BRAF, were seeded into 96- well plates and incubated for 24 hours. The cells were then treated with green seaweed crude extract (HEE) at concentrations of 0, 100, and 300 µg/mL. Dabrafenib (Sigma-Aldrich, Darmstadt, Germany) served as the positive control and was administered under the same conditions, as described in previous studies. After treatment, both HEE and Dabrafenib were applied to the cells and incubated for another 24 hours. Post-incubation, the cells were washed with 1X PBS and subsequently treated with 100 µL of MTT solution (0.5 mg/mL). The plates were incubated at 37 °C for 30 minutes. Following this, 100 µL of DMEM stopper reagent was added to each well. Absorbance was measured at 550 nm using a microplate reader. To ensure reproducibility and minimize bias, all experiments were conducted in triplicate and repeated three times for each treatment group.

Data Management and Statistical Analyses

The data were analyzed using GraphPad Prism Premium 10 software (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). IC₅₀ values for antioxidant and cytotoxic assays were determined using non-linear regression (log(inhibitor) vs. normalized response, variable slope). Group differences between treatments and controls were evaluated using one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test. A p-value < 0.05 was considered statistically significant. All experiments were performed in triplicate and expressed as mean ± SD.

RESULTS

Metabolites Identified in HEE via LC-HRMS

Untargeted metabolomic profiling of *Hydropuntia edulis* extract (HEE) using LC-HRMS successfully identified several bio-

active compounds, including Sangivamycin, Sevadacin, Michosterol C, Linamarin, Elaiomycin K, and Tentoxin (Table 1). These compounds demonstrated diverse chemical structures and retention times, ranging from early elution for polar metabolites like Linamarin (RT ≈ 0.7–1.2 min) to late elution for more lipophilic compounds such as Michosterol C (RT ≈ 14.6 min). Notably, Sangivamycin, a known antimetabolite, appeared at a retention time of 0.798 min with a calculated mass of 309.1 g/mol and an (M+H)⁺ ion. The presence of multiple compounds with potential pharmacological activity suggests a complex and potentially synergistic chemical profile within the HEE.

In Silico Prediction of Anticancer Activity and Drug-Likeness

Structure–activity relationship (SAR) prediction via PASS Online revealed that Sangivamycin and Michosterol C possessed strong antineoplastic potential, with Pa scores of 0.730 and 0.759, respectively (Table 2). Sangivamycin also showed a high antimetabolite score (0.863), supporting its possible interference with DNA/RNA synthesis in cancer cells. Linamarin showed the highest Pa score (0.831), though its antimetabolite potential was lower (0.180). Toxicity profiles ranged from low (Class 6 for Linamarin, LD50 = 29,700 mg/kg) to moderate (Class 2 for Sangivamycin, LD50 = 11 mg/kg). Drug-likeness evaluation indicated that most compounds complied with Lipinski's, Pfizer, and GSK rules, although some (*e.g.*, Tentoxin) were rejected under GSK criteria, likely due to structural complexity or poor solubility.

Network Pharmacology or PPI Analysis

Figure 1 presents an integrated network pharmacology analysis. Figure 1A displays a Venn diagram illustrating overlapping molecular targets between HEE-derived compounds and melanoma-associated genes, signifying direct relevance to disease modulation. Figure 1B demonstrate KEGG pathway annotations, with enriched targets involved in multiple cancer-related pathways such as apoptosis, PI3K-Akt signaling, and MAPK signaling pathways.

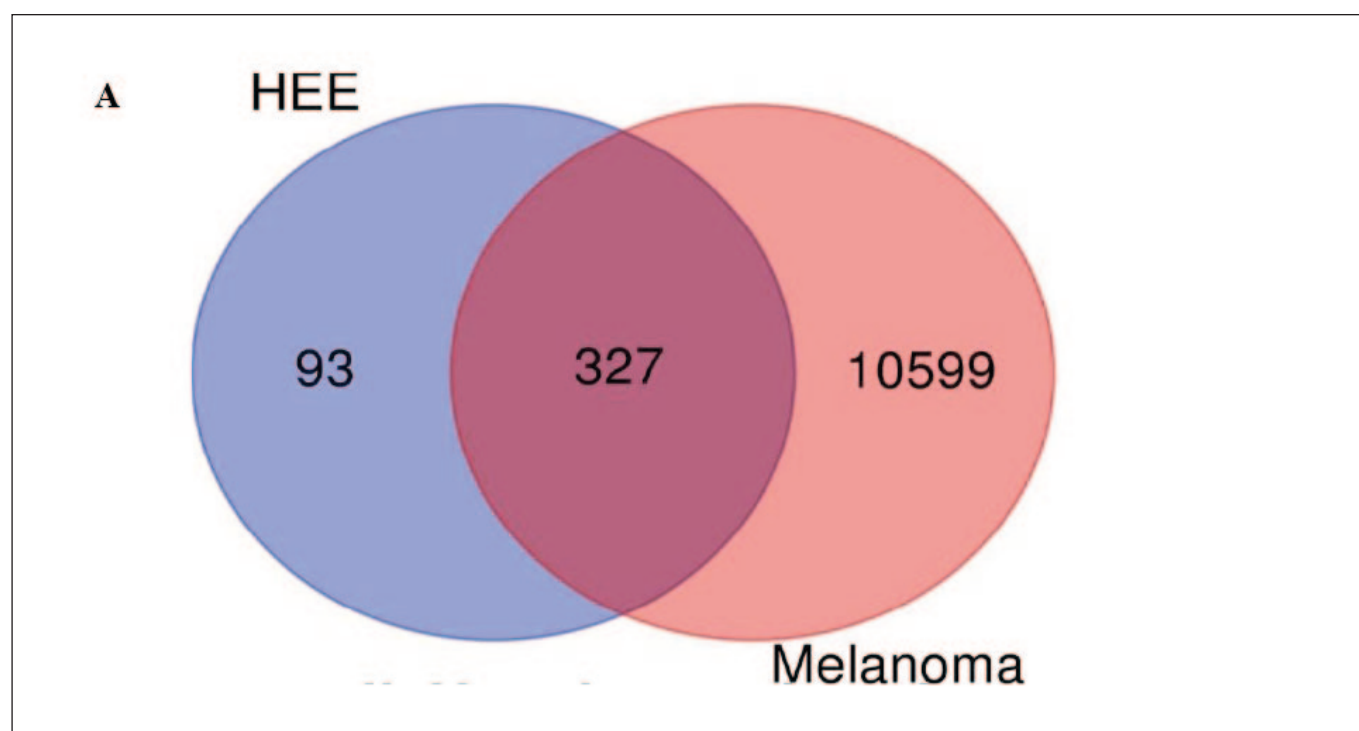
Table 1. Metabolites observed HEE via Untargeted Metabolomic Profiling LC-HRMS

Name	Formula	Annot. DeltaMass (ppm)	Calc. MW	m/z	RT (min)	Reference Ion
Elaiomycin K	C11 H22 N2 O4	-1.68	246.1575	269.1467	8.438	(M+Na)+1
Michosterol C	C31 H54 O5	-2.13	506.3960	507.4033	14.637	(M+H)+1
Sangivamycin	C12 H15 N5 O5	-4.92	309.1058	310.1127	0.798	(M+H)+1
Sevadacin	C23 H26 N4 O4	-3.48	422.1939	421.1866	6.503	(M-H)-1
Tentoxin	C22 H30 N4 O4	4.56	414.2285	415.2358	12.858	(M+H)+1
Linamarin	C10 H17 N O6	0.55	247.1057	246.0984	3.323	(M-H)-1

Table 2. Evaluating metabolites in HEE potential for anticancer based on structure–activity relationship (SAR) predictions

Compounds	Pa Score*		Toxicity Model Computation Analysis**		Drug-Likeness***		
	Antineoplastic	Antineoplastic antimetabolite	Predicted LD50 (mg/kg)	Toxicity Class	Lipinski Rule	Pfizer Rule	GSK
Sangivamycin	0.730	0.863	11	2	Accepted	Accepted	Accepted
Sevadacin	-	-	80	3	Accepted	Accepted	Rejected
Michosterol C	0.759	-	3362	5	Accepted	Accepted	Rejected
Linamarin	0.831	0.180	29700	6	Accepted	Accepted	Accepted
Elaiomycin K	0.257	0.173	3140	5	Accepted	Accepted	Accepted
Tentoxin	-	-	1000	4	Accepted	Accepted	Rejected

*Way2Drug; **Protox; ***ADMET.

**Figure 1A.** Venn diagram of *Hydropuntia edulis* extract (HEE) and melanoma targets showing 327 overlapping genes as potential therapeutic targets

Integrative analysis using a bioinformatics approach was conducted to identify potential molecular targets of *Hydropuntia edulis* extract (HEE) in the context of melanoma cancer. From the initial mapping results, 420 target genes were predicted to interact with active compounds in HEE. After overlaying with gene expression data on melanoma, 327 overlapping genes were obtained, as visualized in the Venn diagram

(Figure 1A). This shows that most of the potential targets of HEE play a role in biological pathways relevant to the pathophysiology of melanoma, strengthening the hypothesis that HEE may have a nutritional therapeutic effect on this type of cancer. Furthermore, an enrichment analysis was conducted on the 327 overlapping genes to evaluate their involvement in various signaling pathways based on the KEGG database.

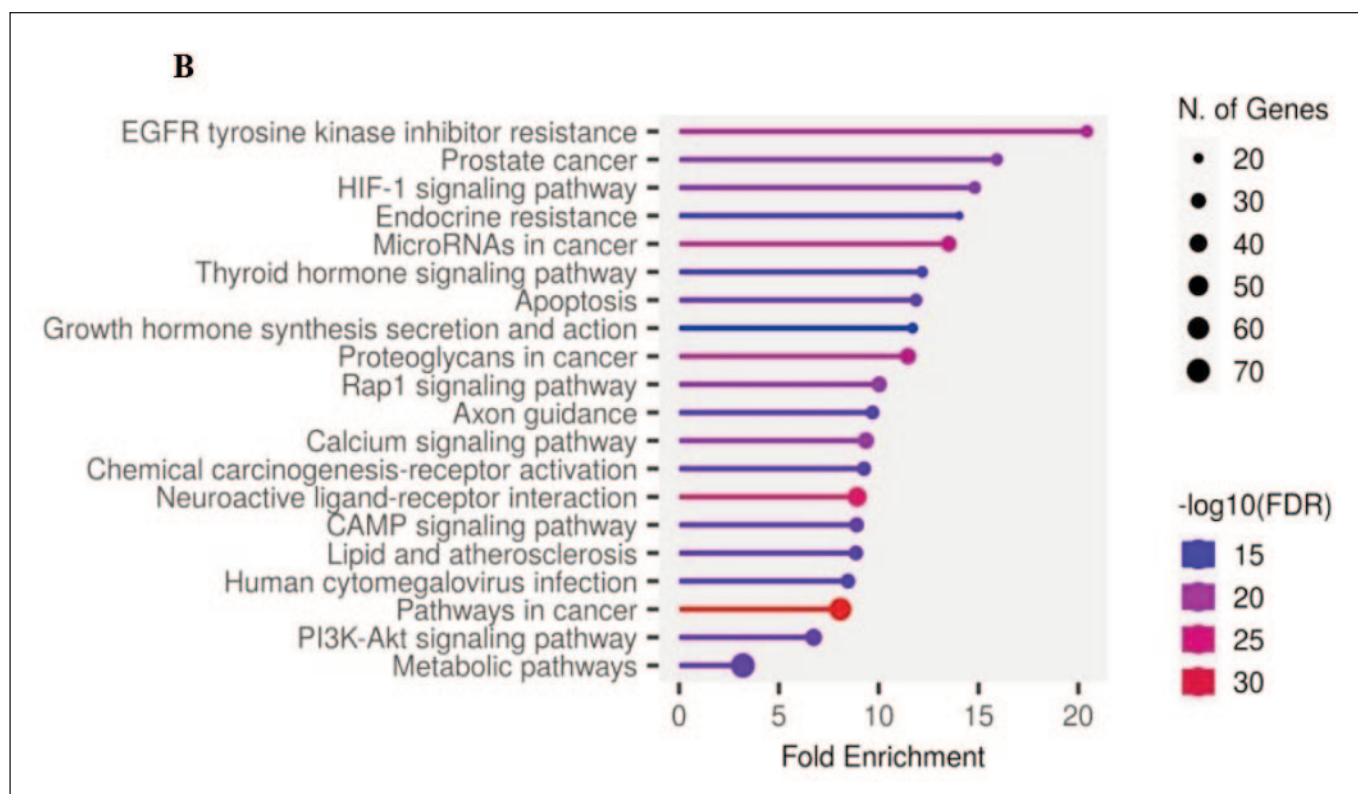


Figure 1B. Enriched KEGG pathways of overlapping targets between *Hydropuntia edulis* extract and melanoma, highlighting cancer-related signaling mechanisms

The analysis identified several pathways that were significantly ($p < 0.05$, $\text{FDR} < 0.05$) upregulated in relation to cancer regulation, including the EGFR tyrosine kinase inhibitors resistance pathway, HIF-1 signaling pathway, Endocrine resistance, MAPK signaling pathway, and other cancer pathways such as PI3K-Akt signaling pathway and Pathways in cancer (Figure 1B). The EGFR pathway ranked highest in fold enrichment, which is clinically relevant because mutations and dysfunction of this pathway have long been associated with therapy resistance and melanoma progression. The HIF-1 and PI3K-Akt pathways are also key components in the regulation of hypoxia, cell growth, and tumor cell survival, so the involvement of HEE target genes in these pathways provides a strong indication of potential multitarget anticancer activity.

Molecular Docking Scores of HEE Compounds Against Melanoma-Associated Proteins

Molecular docking simulations revealed favorable binding affinities between selected HEE compounds and key melanoma-related targets. Michosterol C demonstrated the strongest binding across multiple receptors, particularly BRAF (Vina score = -9.2) and EGFR (-7.9), suggesting potential for kinase inhibition. Sangivamycin also showed consistent moderate-to-strong affinity toward AKT1 (-7.7) and BRAF (-7.4). Compared

to known melanoma drugs, Michosterol C's docking affinity to BRAF (-9.2) was comparable to Dabrafenib (-9.1), supporting its promise as a natural lead compound.

Antioxidant Activity

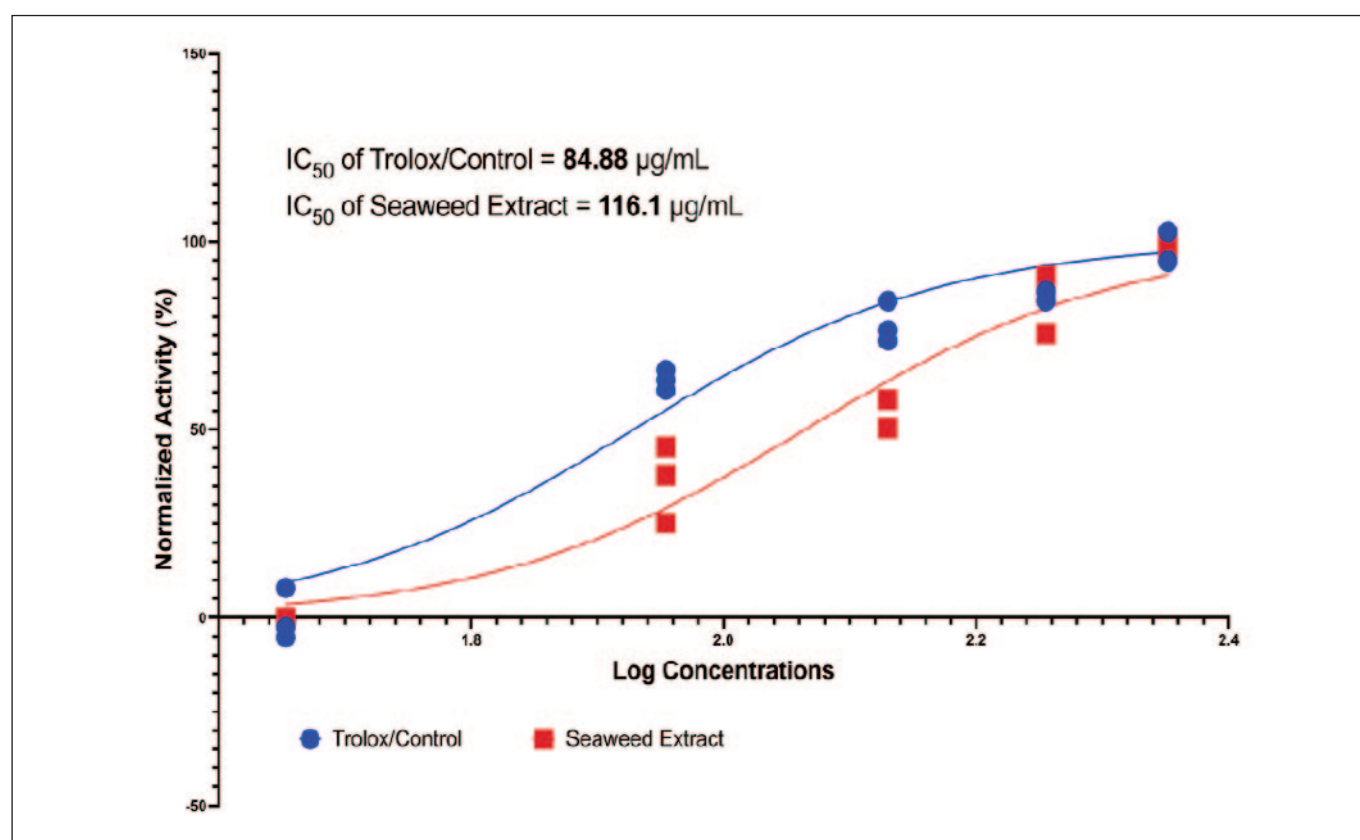
DPPH radical scavenging assays demonstrated a concentration-dependent antioxidant effect of HEE. The IC_{50} value calculated from the dose-response curve indicated moderate radical neutralization capacity, further supporting the extract's therapeutic relevance in oxidative stress-driven diseases such as melanoma.

An inhibition assay was conducted to evaluate the biological potential of the seaweed extract compared to Trolox, a standard antioxidant compound. The dose-response curves demonstrate that both Trolox and the seaweed extract exhibited increased inhibitory activity with rising logarithmic concentrations.

Quantitative analysis revealed that the IC_{50} value of Trolox was 84.88 $\mu\text{g/mL}$, whereas the seaweed extract had an IC_{50} of 116.1 $\mu\text{g/mL}$. This indicates that Trolox is more potent than the seaweed extract, requiring a lower concentration to inhibit 50% of the biological activity. However, the seaweed extract still showed biologically significant inhibi-

Table 3. The Vina score of the molecular docking parameter for the HEE compounds

Compounds and Control as Ligands	BRAF (3OG7)	AKT1 (4EKL)	EGFR (1M17)	TYRO3 (1RHF)	Overall
Control Daprafenib	-9.1	-7.6	-7.7	-7.1	-31.5
Control Encorafenib	-8.1	-7.3	-7	-6.7	-29.1
Control Dacarbazine	-6.1	-5.7	-5.4	-5.1	-22.3
Sangivamycin	-7.4	-7.7	-7.3	-6	-28.4
Michosterol C	-9.2	-7.4	-7.9	-7.1	-31.6

**Figure 2.** IC₅₀ of DPPH Inhibition by HEE

tion, albeit at a higher concentration. The sigmoidal shape of the curve is characteristic of typical dose-response interactions, where increasing the concentration of the compound results in a higher percentage of inhibition. These findings suggest that although the seaweed extract is less potent than the reference standard, it still holds promise as a potential natural therapeutic agent particularly considering the complex, multitarget nature of marine-derived phytochemicals.

Antiproliferative Effect of HEE on B16-F10 Melanoma Cells

The MTT assay showed a dose-dependent cytotoxic effect of HEE on B16-F10 melanoma cells. At 217,2 µg/mL, HEE significantly reduced cell viability, approaching the inhibition levels seen with Dabrafenib, a clinically approved BRAF inhibitor. The IC₅₀ value indicated that HEE exerts substantial antiproliferative activity, suggesting its potential as a complementary or alternative melanoma therapy.

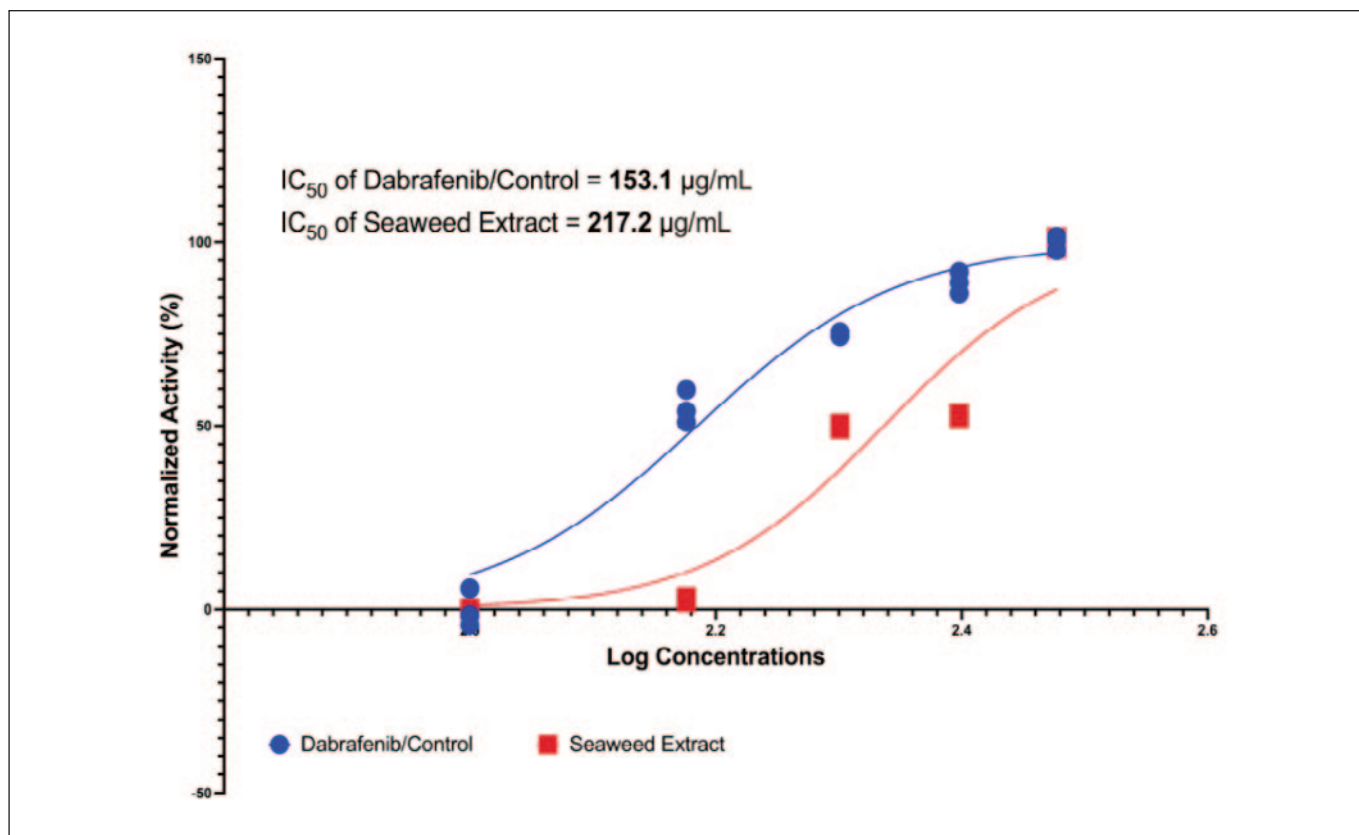


Figure 3. IC₅₀ of B16-F10 melanoma cells Inhibition by HE

The dose-response analysis given in the graph compares the inhibitory effect of the seaweed extract to Dabrafenib, a well-known BRAF inhibitor used in melanoma treatment. Both drugs have a sigmoidal dose-response curve, indicating that the suppression of biological activity increases with concentration.

Dabrafenib had an IC₅₀ value of 153.1 µg/mL, but the seaweed extract had a higher IC₅₀ of 217.2 µg/mL. These findings imply that Dabrafenib is more effective at inhibiting the targeted biological activity than seaweed extract, as it takes a lower dosage to achieve 50% inhibition. Despite its decreased potency, the seaweed extract demonstrated significant biological activity.

DISCUSSION

The integration of metabolomic, computational, and cellular assays revealed compelling evidence for the nutritional therapeutic potential of *Hydropuntia edulis* extract (HEE) against melanoma. A highly important and hopeful method for addressing antioxidant and anticancer involves combating cellular pro-oxidant conditions by reducing the generation of reactive oxygen species (ROS) and the resulting oxidative stress³⁰. Additionally, these seaweed bioactives exhibit immunomodulatory, antioxidant, and antiproliferative effects through distinct

molecular mechanisms³¹. In Japan, Korea and China, seaweeds have served as important dietary components over past centuries. Historically, they have also been consumed in maritime communities across Europe and North America mainly in the diet of poor people living along the coastlines³². However, evidence integrating seaweed bioactivity with clinical nutrition interventions for cancer patients remains scarce, representing a significant research gap that this study seeks to address.

Untargeted LC-HRMS profiling identified several pharmacologically relevant compounds, notably Sangivamycin, Michosterol C, and Linamarin. These molecules demonstrated promising antineoplastic properties as predicted by PASS online, with Pa scores exceeding 0.7, suggesting their mechanistic similarity to established anticancer agents. Positive Control Dabrafenib exhibited the strongest binding affinity with BRAF (-9.1) and TYRO3 (-7.1), achieving an overall affinity of -31.5. Encorafenib also demonstrated significant affinity towards all receptors, totaling -29.1. Dacarbazine presented the weakest affinity among the controls (-22.3), suggesting a lower potential for interaction in comparison to the other two controls.

Natural Test Compounds, michosterol C showed the strongest affinity for BRAF (-9.2) and boasted the highest total affinity value among all compounds at -31.6, surpassing Dabrafenib.

This highlights Michosterol C's impressive potential as an anti-melanoma agent. Sangivamycin exhibited a competitive binding characteristic with a total affinity of -28.4, approaching the control value of Encorafenib. Linamarin registered the lowest affinity among the natural compounds at -24.3, although it still outperformed Dacarbazine.

Michosterol C emerges as the most promising compound for therapeutic use concerning melanoma and oxidative stress, as it not only demonstrates a high affinity for crucial melanoma-related proteins (notably BRAF and EGFR) but also shows strong binding to the antioxidant receptor TYRO3. These results indicate that Michosterol C may function not just as an anticancer substance, but also as a facilitator of cellular oxidative balance.

Molecular docking simulations further validated the therapeutic hypothesis, with Michosterol C exhibiting a strong binding affinity to BRAF (-9.2 kcal/mol), outperforming even the clinical control Dabrafenib. Similarly, Sangivamycin showed robust interactions with AKT1 and EGFR. These results underscore the multitarget potential of HEE metabolites, which may provide an advantage over single-target inhibitors by simultaneously modulating several cancer-related pathways, including PI3K-Akt and MAPK signaling as supported by KEGG and STRING analyses¹⁸.

The extract's in vitro efficacy was confirmed by its dose-dependent DPPH radical scavenging activity and significant cytotoxicity against B16-F10 melanoma cells, with inhibition comparable to Dabrafenib at the highest concentration. These findings align with previous reports on marine algal antioxidants, suggesting a dual mechanism involving both ROS scavenging and direct tumor cell inhibition³³.

Overall, these data support the hypothesis that HEE can act as a candidate anticancer nutritional therapeutic agent with the ability to intervene in various signaling pathways that are critical in the development and progression of melanoma. This makes HEE a promising material for further research, including in vitro and in vivo validation to confirm its pharmacological effects and toxicity. Despite its potential, this study has drawbacks, such as the absence of isolated compound testing and in vivo confirmation. However, the high convergence of cellular, metabolomic, and in silico data offers a solid basis for more research.

CONCLUSION

This study highlights *Hydropuntia edulis* as a promising source of anticancer agents against melanoma. Through a combination of untargeted metabolomic profiling, computational prediction, and in vitro testing, we demonstrated that HEE contains multiple bioactive compounds capable of targeting key melanoma-related pathways. Particularly, Michosterol C and Sangivamycin showed strong molecular docking affinity and significant cytotoxic effects. These findings warrant further

pharmacological and preclinical evaluation to assess its full potential in melanoma therapy.

REFERENCES

- Ahmed, I.; Asgher, M.; Sher, F.; Hussain, S.M.; Nazish, N.; Joshi, N.; Sharma, A.; Parra - Saldívar, R.; Bilal, M.; Iqbal, H.M.N. Exploring Marine as a Rich Source of Bioactive Peptides: Challenges and Opportunities from Marine Pharmacology. *Mar. Drugs* 2022, 20, 208. <https://doi.org/10.3390/md20030208>
- Biris-Dorhoi, E.-S.; Michiu, D.; Pop, C.R.; Rotar, A.M.; Tofana, M.; Pop, O.L.; Socaci, S.A.; Farcas, A.C. Macroalgae-A Sustainable Source of Chemical Compounds with Biological Activities. *Nutrients* 2020, 12, 3085. <https://doi.org/10.3390/nu12103085>
- Prasedya, E.S.; Fitriani, F.; Saraswati, P.B.A.; Haqiqi, N.; Qoriasmadi, W.; Hikmaturohmi, H.; Nurhidayati, S.Z.; Ariati, P.E.P. Evaluation of Bioprospecting Potential of Epiphytic Gracilaria Edulis Harvested from Seaweed Farm in Seriwé Bay, Lombok, Indonesia. *Biodiversitas* 2023, <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d241016>
- Teixido, C.; Castillo, P.; Martínez-Vila, C.; Arance, A., & Alos, L. (2021). Molecular markers and targets in melanoma. In *Cells* (Vol. 10, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/cells10092320>
- Arnold, M., Singh, D., Laversanne, M., Vignat, J., Vaccarella, S., Meheus, F., Cust, A. E., de Vries, E., Whitman, D. C., & Bray, F. (2022). Global Burden of Cutaneous Melanoma in 2020 and Projections to 2040. *JAMA Dermatology*, 158(5), 495. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2022.0160>
- Lopes, J.; Rodrigues, C.M.P.; Gaspar, M.M.; Reis, C.P. Melanoma Management: From Epidemiology to Treatment and Latest Advances. *Cancers (Basel)* 2022, 14, 4652 <https://doi.org/10.3390/cancers14194652>
- Fenton, S.E.; Sosman, J.A.; Chandra, S. Resistance Mechanisms in Melanoma to Immuneoncologic Therapy with Checkpoint Inhibitors. *Canc. Drug Resist.* 2019, 2, 744– 761 <https://doi.org/10.20517/cdr.2019.28>
- Helmbach, H.; Rossmann, E.; Kern, M.A.; Schadendorf, D. Drug-Resistance in Human Melanoma. *Int. J. Cancer* 2001, 93, 617– 622. <https://doi.org/10.1002/ijc.1378>
- Czarnecka, A.M.; Bartnik, E.; Fiedorowicz, M.; Rutkowski, P. Targeted Therapy in Melanoma and Mechanisms of Resistance. *Int. J. Mol. Sci.* 2020, 21, 4576. <https://doi.org/10.3390/ijms21134576>
- Palmieri, G.; Ombra, M.; Colombino, M.; Casula, M.; Sini, M.; Manca, A.; Paliogiannis, P.; Ascierto, P.A.; Cossu, A. Multiple Molecular Pathways in Melanomagenesis: Characterization of Therapeutic Targets. *Front. Oncol.* 2015, 5, 183. <https://doi.org/10.3389/fonc.2015.00183>
- Chendriadi, V. R., & Sandhika, W. (2024). Exploiting BRAF Mutation for Treatment of Malignant Melanoma: A Literature Review. *International Journal of Research and Review*, 10(12), 845– 853. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20231285>
- Schreiber R.D., Old L.J., Smyth M.J. Cancer Immunoediting: Integrating Immunity's Roles in Cancer Suppression and

- Promotion. *Science*. 2011;331:1565–1570. <https://doi.org/10.1126/science.1203486>
13. Imani, S.; Roozitalab, G.; Emadi, M.; Moradi, A.; Behzadi, P.; Jabbarzadeh Kaboli, P. The Evolution of BRAF-Targeted Therapies in Melanoma: Overcoming Hurdles and Unleashing Novel Strategies. *Front. Oncol.* 2024, *14*, 1504142. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1504142>
 14. Gaughan, E. M., & Horton, B. J. (2022). Outcomes From Cytotoxic Chemotherapy Following Progression on Immunotherapy in Metastatic Melanoma: An Institutional Case-Series. *Frontiers in Oncology*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.855782>
 15. Rosemary, T., Arulkumar, A., Paramasivam, S., Mondragon-Portocarrero, A., & Miranda, J. (2019). Biochemical, Micronutrient and Physicochemical Properties of the Dried Red Seaweeds *Gracilaria edulis* and *Gracilaria corticata*. *Molecules*, *24*(12), 2225. <https://doi.org/10.3390/molecules24122225>
 16. Gunathilaka, T. L., Samarakoon, K. W., Ranasinghe, P., & Peiris, L. D. C. (2019). *In-Vitro* Antioxidant, Hypoglycemic Activity, and Identification of Bioactive Compounds in Phenol-Rich Extract from the Marine Red Algae *Gracilaria edulis* (Gmelin) Silva. *Molecules*, *24*(20), 3708. <https://doi.org/10.3390/molecules24203708>
 17. Gurning K, Suratno S, Astuti E, Haryadi W. Untargeted LC/HRMS Metabolomics Analysis and Anticancer Activity Assay on MCF-7 and A549 Cells from *Coleus amboinicus* Lour Leaf <https://doi.org/10.5812/ijpr-143494>. Extract. Iran J Pharm Res. 2024 Apr 20;23(1):e143494. doi: 10.5812/ijpr-143494. PMID: 39108647; PMCID: PMC11302430. <https://doi.org/10.5812/ijpr-143494>
 18. Taslim, N.A.; Hardinsyah, H.; Radu, S.; Mayulu, N.; Tsopmo, A.; Kurniawan, R.; Tallei, T.E.; Herlina, T.; Maksum, I.P.; Nurkolis, F. Functional Food Candidate from Indonesian Green Algae *Caulerpa Racemosa* (Försskal) J. Agardh by Two Extraction Methods: Metabolite Profile, Antioxidant Activity, and Cytotoxic Properties. *J. Agric. Food Res.* 2024, *18*, 101513. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101513>
 19. Druzhilovskiy, D.S.; Rudik, A.V.; Filimonov, D.A.; Glorizova, T.A.; Lagunin, A.A.; Dmitriev, A.V.; Pogodin, P.V.; Dubovskaya, V.I.; Ivanov, S.M.; Tarasova, O.A.; et al. Computational Platform Way2Drug: From the Prediction of Biological Activity to Drug Repurposing. *Russ. Chem. Bull.* 2017, *66*, 1832–1841. <https://doi.org/10.1007/s11172-019-2683-0>
 20. Mahmud, S.; Mita, M.A.; Biswas, S.; Paul, G.K.; Promi, M.M.; Afroze, S.; Hasan, R.; Shimu, S.S.; Zaman, S.; Uddin, S.; et al. Molecular Docking and Dynamics Study to Explore Phytochemical Ligand Molecules against the Main Protease of SARS-CoV-2 from Extensive Phytochemical Datasets. *Expert Rev. Clin. Pharmacol.* 2021, *14*, 1305–1315. <https://doi.org/10.1080/17512433.2021.1959318>
 21. Banerjee, P.; Eckert, A.O.; Schrey, A.K.; Preissner, R. ProTox-II: A Webserver for the Prediction of Toxicity of Chemicals. *Nucleic Acids Res.* 2018, *46*, W257–W263. <https://doi.org/10.1093/nar/gky318>
 22. Gao, X., Li, S., Cong, C., Wang, Y., and Xu, L. (2021). A network pharmacology approach to estimate potential targets of the active ingredients of epimedium for alleviating mild cognitive impairment and treating alzheimer's disease. *Evid. Based. Complement. Altern. Med.* 2021, 2302680. doi:10.1155/2021/2302680.
 23. Szklarczyk, D.; Kirsch, R.; Koutrouli, M.; Nastou, K.; Mehryary, F.; Hachilif, R.; Gable, A.L.; Fang, T.; Doncheva, N.T.; Pyysalo, S.; et al. The STRING Database in 2023: Protein–Protein Association Networks and Functional Enrichment Analyses for Any Sequenced Genome of Interest. *Nucleic Acids Res.* 2023, *51*, D638–D646. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac1000>
 24. Agu, P.C., Afiukwa, C.A., Orji, O.U. et al. Molecular docking as a tool for the discovery of molecular targets of nutraceuticals in diseases management. *Sci Rep* 13, 13398 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40160-2>
 25. Kim, S.; Chen, J.; Cheng, T.; Gindulyte, A.; He, J.; He, S.; Li, Q.; Shoemaker, B.A.; Thiessen, P.A.; Yu, B.; et al. PubChem in 2021: New Data Content and Improved Web Interfaces. *Nucleic Acids Res.* 2021, *49*, D1388–D1395. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa971>
 26. Agrawal, K.K., Yadav, A., Kumar, S. et al. In silico assessment of antioxidant activity and toxicity profiling of bioactive molecules from *Murraia koenigii*. *Discov Appl Sci* 6, 523 (2024). <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06232-2>
 27. Baliyan, S., Mukherjee, R., Priyadarshini, A., Vibhuti, A., Gupta, A., Pandey, R. P., & Chang, C.M. (2022). Determination of Anti-oxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, *27*(4). <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>
 28. Nurkolis, F.; Taslim, N.A.; Qhabibi, F.R.; Kang, S.; Moon, M.; Choi, J.; Choi, M.; Park, M.N.; Mayulu, N.; Kim, B. Ulvophyte Green Algae *Caulerpa Lentillifera*: Metabolites Profile and Antioxidant, Anticancer, Anti-Obesity, and in Vitro Cytotoxicity Properties. *Molecules* 2023, *28*, doi:10.3390/molecules28031365.
 29. Kurniawan, R.; Nurkolis, F.; Taslim, N.A.; Subali, D.; Surya, R.; Gunawan, W.B.; Alisaputra, D.; Mayulu, N.; Salindeho, N.; Kim, B. Carotenoids Composition of Green Algae *Caulerpa Racemosa* and Their Antidiabetic, Anti-Obesity, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties. *Molecules* 2023, *28*, doi:10.3390/molecules28073267.
 30. Ghasemi, M., Turnbull, T., Sebastian, S., & Kempson, I. (2021). The MTT Assay: Utility, Limitations, Pitfalls, and Interpretation in Bulk and Single-Cell Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(23), 12827. <https://doi.org/10.3390/ijms222312827>
 31. Pradhan, B., Bhuyan, P. P., & Ki, J.-S. (2023). Immunomodulatory, Antioxidant, Anticancer, and Pharmacokinetic Activity of Ulvan, a Seaweed-Derived Sulfated Polysaccharide: An Updated Comprehensive Review. *Marine Drugs*, *21*(5), 300. <https://doi.org/10.3390/md21050300>
 32. Wendin, K., & Undeland, I. (2020). Seaweed as food – Attitudes and preferences among Swedish consumers. A pilot study. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *22*, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100265>
 33. Arany I, Hall S, Reed DK, Dixit M. The pro-oxidant gene p66shc increases nicotine exposure- induced lipotoxic oxidative stress in renal proximal tubule cells. *Mol Med Rep.* 2016 Sep;14(3):2771-7. <https://doi.org/10.3892/mmr.2016.5543>

The potential of local fish-based snacks to improve the performance of adolescent football school students in Ternate city

Fahmi Abdul HAMID^{1,2}, HARDINSYAH³, Budi SETIAWAN³, Hadi RIYADI³

1 Posgraduate Program of Nutrition Science, Graduate School, IPB University, Bogor 16680, Indonesia.

2 Department of Nutrition, Ternate Health Polytechnic Ternate City, North, Maluku, 97751 Indonesia.

3 Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor 16680, Indonesia.

Recibido: 15/julio/2025. Aceptado: 12/septiembre/2025.

ABSTRACT

Background: Adolescents require comprehensive and balanced nutrition to support their growth, development, and physical activities.

Objective: This study aimed to evaluate the impact of a snack intervention utilizing mackerel scad (*Decapterus sp.*) and tuna liver on body composition, hemoglobin (Hb) levels, and VO₂max in male adolescents.

Methods: Employing a *one-group pretest-posttest* design, the study included 32 male adolescents aged 13–15 from two soccer schools, who were randomly selected from a pool of 134 screened subjects. The intervention snack, provided three times weekly over a 10-week period, had a nutritional composition per 90 grams of: 194.99 kcal of energy, 15.09 grams of protein, 14.81 grams of carbohydrates, 6.21 grams of total fat, 3.09 grams of iron, and essential amino acids. Food intake was assessed using a *24-hour food recall*, body composition with Bioelectrical Impedance Analysis (BIA), Hb levels via the cyanmethemoglobin method, and VO₂max with the Cooper Test. All data were analyzed using IBM SPSS version 25.

Results: Muscle mass increased significantly from 14.32% to 16.86% ($p=0.001 < 0.05$), representing a 17.79% gain. Hemoglobin levels also rose from 11.37 g/dL to 11.93 g/dL ($p=0.03 < 0.05$), a 4.92% increase. Furthermore, VO₂max saw a notable improvement, increasing from 36.93 mL/kg/min

to 41.84 mL/kg/min ($p=0.001 < 0.05$), or a 13.29% gain. Conversely, a significant increase in fat mass was also observed, rising from 14.86% to 15.75% ($p=0.04 < 0.05$), which corresponds to a 5.99% increase.

Conclusion: The local fish-based snack intervention significantly impacted body composition, hemoglobin levels, and VO₂max of adolescent football players.

KEYWORDS

Adolescent Athletes, Aerobic Endurance, Functional Snacks, Iron, Nutritional Interventions.

INTRODUCTION

Nutritional problems among adolescents are primarily caused by insufficient food intake, poor dietary quality, and low levels of physical activity, which are the dominant factors contributing to malnutrition in this age group¹. In Indonesia, the prevalence of stunting (short stature) and underweight remains high among adolescents aged 13–15 years, recorded at 24% and 7.5%, respectively. In North Maluku, the same prevalence rates are observed, 24% for stunting and 7.5% for underweight².

Malnutrition issues such as inadequate nutrient intake, anemia, and impaired growth are still frequently found among children attending Football Schools (*in Indonesia: Sekolah Sepak Bola/SSB*) across Indonesia. For example, a study at Ganesha Putra Football School in Purwodadi, Semarang, reported that 41% of the children had inadequate protein intake³. Similarly, a study conducted at a boarding Football Training and Education Center (*In Indonesia: Sekolah Sepak Bola-Pusat Pendidikan dan Latihan Pelajar/SSB-PPLP*) showed energy macronutrient intake de-

Correspondencia:
Hardinsyah
hardinsyah@apps.ipb.ac.id

ficiencies; carbohydrates, fats, and proteins were all below adequate levels by 81.2%. In another case, Tugu Muda Football School in Semarang recorded inadequate intake in 93.8% of students for carbohydrates, 75% for fats, and 87.5% for proteins⁴. Furthermore, hemoglobin measurements among football athletes in Sleman Regency, Yogyakarta, revealed that 29.7% suffered from anemia⁵.

These data highlight the ongoing nutritional challenges faced by adolescent football students in Indonesia. If left unaddressed, such deficiencies may impair physical growth and athletic performance. Carbohydrates, fats, and proteins are essential energy-yielding nutrients⁶ and serve as key substrates for muscle energy metabolism during physical activity⁷. Addressing these nutritional gaps is essential for optimizing the growth and performance of adolescents engaged in high physical activity, particularly in structured sports environments such as football schools.

Adolescents require adequate protein and amino acids to support tissue growth and to increase insulin-like growth factor I (IGF-I) levels, which stimulate endochondral ossification for normal linear growth⁸. Sufficient intake of carbohydrates, fats, proteins, iron, and high-quality nutrients is essential to ensure optimal physical development, endurance, and VO₂max capacity in adolescent football school students, key physiological components for young athletes.

Nutritional interventions are a crucial short-term strategy to address growth-related deficiencies in adolescents, particularly through the provision of nutrient-rich supplementary foods. Snack products formulated as sources of key nutrients can help fulfill the unmet nutritional needs of this population. The development of fish-based snack products is one approach to improve dietary variety and prevent consumption fatigue among adolescents⁹.

In Indonesia, early talent scouting and athlete development are mandated by the national government (Peraturan Pemerintah Pusat No. 95 2017), emphasizing the importance of early interventions across multiple domains, including nutrition. Improving adolescent athletes' nutritional status can be a measurable and strategic component of early athletic development.

This study aims to examine the effects of a snack intervention made from locally sourced mackerel scad (*Decapterus sp.*), enriched with tuna liver, as a supplementary source of energy, fat, protein, and iron. Specifically, the research investigates the impact of this intervention on body composition, hemoglobin levels, and VO₂max in adolescent football school students in Ternate City.

METHODS

This study employed a quasi-experimental design using a one-group pretest–posttest approach¹¹. The research was conducted between August and October 2024 at two football

schools in Ternate City: Indonesia Muda (IM) and Tunas Gamalama/Mayoma. Ethical clearance for the study was granted by the Ethics Committee of the Health Polytechnic of the Ministry of Health in Semarang, under approval number 0188/EA/KEPK/2024. Informed consent was obtained from the parents of all participating children, and the children provided their voluntary assent to participate.

The sample size was calculated based on data from a previous study, which reported a mean post-intervention body weight (X_1) of 45.75 kg and a control value (X_2) of 40.73 kg with a standard deviation (S_2) of ± 10.4 ¹². The calculation used a two-tailed Z_α of 1.96, a Z_β of 0.84 ($\beta = 20\%$), and a significance level (α) of 5%, providing a statistical power of 80%. Based on these parameters, a minimum of 26 participants aged 13–15 years was required. To anticipate possible dropout, an additional 20% (5 participants) was included, resulting in a total sample of 32 subjects. The study involved 32 male adolescents aged 13–15 from two soccer schools who met the inclusion and exclusion criteria, who were randomly selected from a pool of 134 screened subjects.

The study subjects were selected using strict inclusion and exclusion criteria. Inclusion criteria required participants to be (a) male adolescents aged 13–15 enrolled in soccer schools; (b) actively involved in weekly training sessions; (c) willing to volunteer for and complete the study; (d) have low hemoglobin (Hb) levels (<12 g/dL for ages 13–14 and <13 g/dL for age 15); and (e) have a physical fitness level rated as very poor, poor, or moderate based on initial screening. In contrast, subjects were excluded if they had (a) a history of cardiovascular or pulmonary diseases, or (b) an allergy to fish or any food ingredients in the study snack.

The snack intervention consisted of a formulation containing 90 grams per portion and was administered three times per week for 10 weeks. Each portion provided approximately 14.81 grams of carbohydrates, 6.21 grams of total fat, 194.99 kcal of energy, 15.09 grams of protein, 3.09 mg of iron, and essential amino acids including 0.54 grams of isoleucine, 0.96 grams of lysine, and 0.90 grams of valine.

The snack product, formulated from mackerel scad fish (*Decapterus sp.*) (locally known as *ikan layang*) enriched with tuna liver, was prepared weekly to minimize the risk of food safety issues. The snacks were served warm. Parents are asked to ensure no food is given to the children two hours before and after practice. Concurrently, coaches and assistant coaches are to help monitor the children's food consumption during practice for the duration of the research.

The intervention was administered to youth football players aged 13–15 years, 60 minutes after training sessions. Post-exercise protein intake has been shown to be more effective for enhancing muscle protein synthesis¹³. The snacks were provided three times per week for 10 consecutive weeks¹⁴. To ensure the quality and consistency of consumption, partici-

pants were required to consume the snack at the training location under supervision.

Demographic data, including age, sex, and training frequency, were collected through interviews. Nutrient intake was assessed using 2×24-hour dietary recalls covering one regular day and one non-training day, collected via structured interviews. Using the food composition conversion table from the Ministry of Health of the Republic of Indonesia, daily consumption data from a 2×24-hour recall is converted into grams to calculate nutritional values.

Body composition was measured using a Bioelectrical Impedance Analyzer (BIA) scale (InBody Dial) and a Micro-toise stadiometer, employing standard anthropometric procedures. Prior to a medical examination, soccer school students who fast and decrease their physical activity are given a three-day rest period to restore their bodies to a normal state. Body weight and height are measured in the morning. Hemoglobin levels were assessed using the Cyanmethemoglobin photometric method at Nita Medical Laboratory. VO₂max was measured using the Cooper 2400-meter run test, and the results were converted into estimated VO₂max values using standard conversion formulas. This method, validated and supervised by expert athlete physical development coaches, is tested in the morning on a 320-meter track.

Data were processed using Microsoft Excel and IBM SPSS version 25. Prior to analysis, the data underwent coding, entry, and cleaning procedures to ensure accuracy. Quantitative data were analyzed using both univariate and bivariate methods to describe frequency distributions, means, and standard deviations (SD) for each variable.

Body mass and hemoglobin levels were compared against standard reference values. VO₂max was estimated using the Cooper 2400-meter run test and calculated using the formula: $VO_2max = (483 / \text{time in minutes}) + 3.5$

To evaluate the effect of the mackerel scad fish and tuna liver-based snack intervention, statistical comparisons between pre- and post-intervention values were conducted. Data normality was assessed using the Shapiro-Wilk test. For normally distributed data, the paired samples t-test was applied, while the Wilcoxon signed-rank test was used for data that did not meet normality assumptions.

RESULTS AND DISCUSSION

Participant Characteristics and Nutrient Intake

Performance outcomes in this study were assessed through two main indicators: body composition (muscle mass and body fat mass) and fitness (hemoglobin levels and VO₂max capacity). The characteristics of study participants are presented in Table 1. A total of 32 adolescent male participants aged 13 to 15 years were recruited from two football schools in Ternate City based on inclusion criteria.

Table 1. Baseline characteristics of adolescent soccer players participating in the intervention with fish snack in Ternate (n = 32)

Variable	Min-Max	Mean±SD
Age (years)	13–15	13.19 ± 0.47
Muscle mass (%)	10.20–18.90	14.32 ± 2.38
Body fat mass (%)	9.50–19.30	14.84 ± 2.38
Hemoglobin (g/dL)	10.50–12.40	11.37 ± 0.39
VO ₂ max (ml/kg/min)	30.00–44.00	36.59 ± 4.58

The average muscle mass of participants was 14.32 ± 2.38%, ranging from 10.20% to 18.90%, while body fat mass averaged 14.84 ± 2.38%, with a range of 9.50% to 19.30%. Hemoglobin levels ranged from 10.50 to 12.40 g/dL, with a mean value of 11.37 ± 0.39 g/dL, indicating mild anemia in several participants. The average VO₂max was 36.59 ± 4.58 ml/kg/min, placing participants in the “below average” fitness category for this age group (Table 1).

Based on the two-day dietary recall results presented in Table 2, the nutritional adequacy levels of the adolescent football players revealed significant deficiencies in several key nutrients. Carbohydrate intake ranged from 47.30% to 92.69% of the recommended dietary allowance (RDA), with a mean adequacy of 72.48 ± 11.60%. For this age group, the recommended daily intake of carbohydrates is 350 grams¹⁵.

Table 2. Nutritional intake and percentage adequacy with respect to dietary recommendations in adolescent soccer players (based on 24-hour reminders)

Variable	Min-Max	Mean±SD
Carbohydrates (g)	165.55–324.29	253.70 ± 40.60
Fat (g)	41.28–68.41	54.35 ± 6.63
Protein (g)	44.28–63.04	55.19 ± 5.45
Energy (kcal)	1,468–2,240	1,897 ± 188.97
Iron (mg)	8.03–10.89	9.66 ± 0.82
% RDA Carbohydrates	47.30–92.69%	72.48 ± 11.60
% RDA Fat	51.60–90.05%	67.94 ± 8.29
% RDA Protein	63.26–90.05%	78.85 ± 7.78
% RDA Energy	61.18–93.33%	79.04 ± 7.87
% RDA Iron	72.95–98.98%	87.85 ± 7.46

These data indicate a carbohydrate deficit of approximately 27.58%, which could impair energy availability for high-intensity physical activity and recovery.

Fat intake ranged from 63.26% to 90.05% of the RDA, with a mean adequacy of $67.94 \pm 8.29\%$, showing a moderate shortfall from the expected intake. Protein adequacy ranged between 63.26% and 90.05%, with an average of $78.85 \pm 7.78\%$. This suggests a protein deficit of 21.15%, equivalent to approximately 14.81 grams per day. Previous study found that adolescent athletes require between 1.2 and 2.0 grams of protein per kilogram of body weight to support muscle development and exercise recovery, reinforcing the importance of addressing this gap¹⁶. The average energy intake covered only $79.04 \pm 7.87\%$ of the RDA, with values ranging from 61.18% to 93.33%, reflecting a substantial energy deficiency of 20.96%. Iron intake ranged from 72.95% to 98.98% of the RDA, with a mean of $87.85 \pm 7.46\%$, indicating an average deficit of 12.15%. Suboptimal iron intake is particularly concerning given its role in oxygen transport and aerobic capacity, both of which are critical for athletic performance.

To address these nutritional inadequacies, a protein- and iron-rich snack was developed as part of this intervention. The snack was formulated using locally sourced, nutrient-dense ingredients including mackerel scads (*Decapterus spp.*), chicken eggs, and tuna liver, which are known for their high protein and micronutrient content¹⁷. The final product contained 18.69 grams of protein per 100 grams. The protein content was primarily derived from layang fish (22 g/100 g), tuna liver (5.65 g/50 g), and chicken eggs (6.2 g/30 g), contributing significantly to the overall nutritional value of the snack.

As a protein source, the snack contributed 34.18% of its total caloric content from protein, approaching the 35% benchmark required to be classified as a "high-protein food" according to Indonesia's National Agency of Drug and Food Control¹⁸. Although it fell slightly short of the threshold, the snack can still be considered a functionally significant protein-rich product, especially suitable for adolescent athletes who have increased protein needs.

In addition to its protein content, the snack also provided a meaningful amount of iron, measuring 3.49 mg per 100 grams. The iron content was contributed by all three main ingredients: layang fish (2 mg/100 g), chicken eggs (3 mg/30 g), and tuna liver (0.45 mg/50 g). Other minor ingredients such as flour and seasonings also contributed to the total iron content. Based on these values, the snack was calculated to contribute more than 15% of the daily iron RDA, qualifying it as a source of iron-rich food in accordance with BPOM regulations¹⁸.

Table 3 presents the macronutrient and micronutrient composition of the developed snack formulated with layang fish (*Decapterus spp.*). The carbohydrate content ranged from 400.19 to 493.83 grams, with a mean intake of

Table 3. Average Nutritional Composition of Snacks Made With (*Decapterus Sp*) Enriched With Tuna Liver

Variable	Range	Mean $\pm$ SD
Carbohydrate (g)	400.19–493.83	471.31 ± 31.33
Fat (g)	167.16–206.28	196.87 ± 13.08
Protein (g)	408.94–504.63	481.61 ± 32.01
Energy (kcal)	4741–5850	5583 ± 371
Iron (Fe, mg)	76.36–94.23	89.93 ± 5.97
Isoleucine (g)	13.01–16.05	15.31 ± 1.01
Lysine (g)	23.39–28.86	27.54 ± 1.83
Valine (g)	21.81–26.92	25.69 ± 1.70

471.31 ± 31.33 grams. Fat content varied from 167.16 to 206.28 grams, averaging 196.87 ± 13.08 grams. The protein content was notably high, ranging between 408.94 and 504.63 grams, with a mean of 481.61 ± 32.01 grams. Energy content spanned from 4,740.52 kcal to 5,849.82 kcal, with an average of $5,583.05 \pm 371.17$ kcal.

In terms of micronutrients and essential amino acids, the snack was found to contain iron (Fe) in amounts ranging from 76.36 to 94.23 mg, with a mean of 89.93 ± 5.97 mg. The isoleucine content ranged from 13.01 to 16.05 grams (mean 15.31 ± 1.01 g), lysine ranged from 23.39 to 28.86 grams (mean 27.54 ± 1.83 g), and valine ranged from 21.81 to 26.92 grams (mean 25.69 ± 1.70 g). These values indicate that the snack is not only energy- and protein-dense but also rich in key amino acids and iron, which are essential for adolescent growth, muscle development, and oxygen transport.

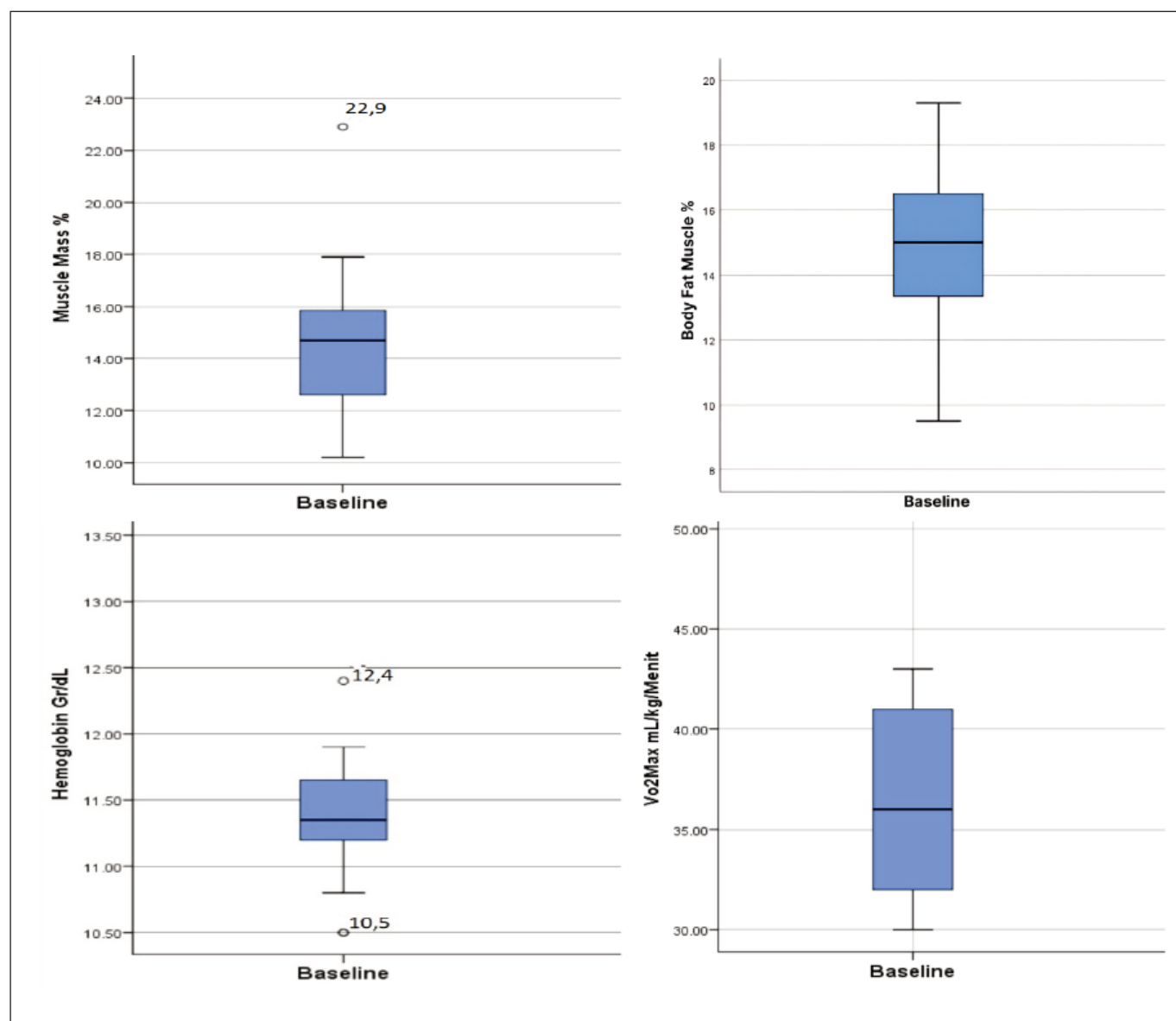
The effects of the intervention on body composition, hemoglobin levels, and VO_2max are illustrated in tabel 4 and Figure 1. After consuming the intervention snack over the study period, participants showed a significant improvement in muscle mass. The percentage of muscle mass increased from a range of 12.10% to 20.80%, with a mean of $14.32 \pm 2.38\%$ to $16.86 \pm 2.41\%$ and a net gain of 2.55%. Statistical analysis confirmed that this change was significant ($p = 0.00^{(a*)} < p 0.05$), indicating a positive impact of the protein-rich snack on muscle development.

A slight but statistically significant increase was also observed in fat mass percentage, which rose from 11.60% to 18.90%, with a post-intervention mean of 14.84 ± 2.38 to $15.75 \pm 1.94\%$ and a mean difference of 0.91%. This change was statistically significant ($p = 0.04^{(a*)} < 0.05$), although the increase in fat was within acceptable physiological limits and may reflect im-

Table 4. Body composition, hemoglobin) and VO₂max, children of the Football School in Ternate City before and after the intervention

Variabel	Before Mean±SD	After Mean ±SD	$\Delta(e-b)$	P
Muscle mass(%)	14,32±2,38	16,86±2,41	2,55	0,00 ^{a*}
Fat mass (%)	14,84±2,38	15,75±1,94	0,91	0,04 ^{a*}
Hemoglobin (gr/dL)	11,37±0,39	11,93±0,54	0,56	0,03 ^{a*}
VO ₂ max (ml/Weight/minute)	36,59±4,58	41,31±4,01	4,72	0,00 ^{b*}

Average±SD, difference (e-b), paired samples t-test(^{a*}) and Wilcoxon Signed Ranks Test results(^{b*}). *different (p<0.05).

**Figure 1.** Impact of intervention on muscle mass, body fat muscle, hemoglobin, and VO₂max

proved energy balance in undernourished adolescent athletes. Hemoglobin levels also improved post-intervention, rising from 11.30 g/dL to 13.10 g/dL, with an average of 11.37 ± 0.39 to 11.93 ± 0.54 g/dL and a mean increase of 0.56 g/dL. This improvement was statistically significant ($p = 0.03^{(a*)} < 0.05$), suggesting the snack's iron content was sufficient to support hematological status, potentially enhancing oxygen-carrying capacity. Furthermore, the intervention led to a significant improvement in aerobic capacity as measured by VO_2max . Values increased from 35 to 47 ml/kg/min, with an average post-intervention VO_2max of 36.59 ± 4.58 to 41.31 ± 4.01 ml/kg/min and a net increase of 4.72 ml/kg/min. The statistical test yielded a significant difference ($p = 0.02^{(b*)} < 0.05$), indicating enhanced cardiorespiratory fitness, which may be attributed to the improved intake of energy, protein, and iron all of which play roles in endurance and performance.

Impact of Snack Consumption on Body Composition

Adequate energy intake, primarily from quality carbohydrates, is crucial for meeting the body's energy demands. When energy needs are not met, the body may catabolize other macronutrients, such as fat and protein, for energy, potentially leading to a decrease in muscle mass, particularly in adolescents¹⁹. In this study, the percentage of muscle mass increased from an average of $14.32 \pm 2.38\%$ before intervention to $16.86 \pm 2.41\%$ after. The intervention resulted in a 17.79% increase. While this represents a positive increase, the ideal muscle mass for adolescent football players is typically in the range of 30% to 40% of body weight²⁰. Despite the current muscle mass of participants (16.86% of body weight) still being below this ideal, the observed positive trend indicates ongoing improvement.

The essential amino acids, such as leucine, isoleucine, and valine, provided by the snacks are crucial for protein synthesis and the formation of new muscle cells²¹. The snack intervention delivered average intakes of isoleucine (15.31 ± 1.01 grams), lysine (27.54 ± 1.83 grams), and valine (25.69 ± 1.70 grams) (Table 3). These amino acids are utilized by the body to synthesize Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1). In muscle tissue, IGF-1 promotes protein synthesis and muscle regeneration by stimulating the differentiation and proliferation of muscle satellite cells, which are vital for muscle mass growth and tissue repair following injury. Consequently, IGF-1 contributes significantly to the development and maintenance of healthy muscle⁸.

The protein derived from the fish, egg, and tuna liver-based snacks, in particular, appears to have effectively contributed to increased muscle mass in the young football players. Beyond protein, the iron (Fe) content of the snacks also played a significant role. Iron is essential for the formation of hemoglobin, which facilitates oxygen transport to all body tissues for metabolic processes. Hemoglobin profoundly impacts

the formation of body cells, especially muscle cells²². Conversely, the percentage of body fat mass increased to $15.75 \pm 1.94\%$ after the intervention. The intervention resulted in a 5.99% increase. This finding places the body fat mass of the football academy students above the maximum standard for adolescent football players, which typically ranges from 10–15% of body weight²⁰. While the body utilizes fat as an energy source during prolonged physical activity, contributing to increased muscle mass and a more ideal body composition²³, an indirect relationship exists between iron and fat metabolism. Iron deficiency can reduce the body's capacity to efficiently burn fat, potentially leading to an increase in fat mass.

Impact of Snack Consumption on Hemoglobin Levels

The average protein intake of 481.61 ± 32.01 grams over 10 weeks significantly increased hemoglobin levels. A mean increase of 0.53 g/dL was observed, with post-intervention hemoglobin levels averaging 11.93 ± 0.54 g/dL. The intervention resulted in a 4.92% increase. This improvement is directly linked to the protein content in the snacks, as protein plays a crucial role in hemoglobin synthesis. Specifically, the globin component of protein directly binds with iron to form hemoglobin²⁴. Proteins like transferrin and ferritin are also essential for iron transport. A deficiency in these proteins can hinder iron transport, leading to reduced hemoglobin levels and potentially iron deficiency²⁵.

Protein is integral to hemoglobin formation, serving as its primary structural component. Hemoglobin comprises four polypeptide chains, known as globin (typically two alpha and two beta chains in adults), which are all types of protein. These globin chains are synthesized from amino acids derived from dietary protein intake and then fold into a three-dimensional structure that forms the "framework" of hemoglobin. Each globin chain contains a heme group, which holds an iron atom. The globin protein supports and protects this heme group, enabling hemoglobin to reversibly bind and release oxygen. Without an adequate supply of protein, the body cannot produce sufficient globin chains, thereby inhibiting the formation of complete and functional hemoglobin molecules, which can lead to a decrease in hemoglobin levels.

The intervention, which included an average iron (Fe) intake of 89.93 ± 5.97 mg over 10 weeks, also contributed to increased hemoglobin. While this amount improved hemoglobin levels, the effect may not be maximal within a short timeframe. Studies suggest that an iron intervention of 5 mg administered over three to six months can effectively increase and improve hemoglobin levels²⁶. Within the body, iron is a critical component of hemoglobin formation, with its primary role in the heme group, the non-protein part of hemoglobin that binds oxygen.

The iron content from scads and tuna liver in the form of heme iron is significantly more effective in hemoglobin formation due to its high bioavailability and efficient absorption mechanism. Heme iron is absorbed intact by intestinal cells through specific pathways without requiring modification. Once heme iron is available, the body utilizes it for hemoglobin synthesis in the bone marrow. This is because the iron atom is the central component of the heme group, which then binds to globin proteins to form a functional hemoglobin molecule. This efficiency of absorption and direct utilization makes heme iron consumption highly effective in increasing blood hemoglobin levels in school-aged football players. The iron in the snacks serves as a supplementary source to iron obtained from staple foods, aiding in meeting the body's iron requirements. The significant increase observed was also partly due to improved consumption of staple foods by the children, facilitated by their parents.

Impact of Snack Consumption on VO₂max

The protein intervention from the snacks indirectly enhanced the VO₂max capacity in the football academy students. Protein contributes to hemoglobin formation, which is vital for transporting oxygen from the lungs to all tissues. Additionally, protein supports muscle adaptation, tissue repair, and metabolic efficiency, all of which facilitate an increase in VO₂max through sustained and appropriate training²⁷. Following the intervention, participants showed an average increase of 4.72 mL/kg/minute, reaching a mean VO₂max of 41.31±4.01 mL/kg/minute. The intervention resulted in a 13.29% increase. This improvement is attributable to the positive effects of protein and amino acids sourced from fish, eggs, and tuna liver.

Beyond protein, the iron intervention of 89.93±5.97 mg directly influenced VO₂max. Iron plays a crucial role in oxygen transport via hemoglobin, oxygen storage in muscles through myoglobin, and oxygen utilization in the mitochondria by respiratory enzymes. Iron deficiency can diminish the body's capacity to use oxygen efficiently, leading to a decrease in VO₂max, even if the lungs and heart are healthy²⁸.

The observed increase in VO₂max capacity is directly linked to the improvement in hemoglobin levels among the football academy students. Hemoglobin is critical for boosting VO₂max because it directly determines the body's capacity to transport and deliver oxygen to working muscles during physical activity. VO₂max, the maximum amount of oxygen the body can utilize per minute, is highly dependent on oxygen availability. Hemoglobin, found in red blood cells, serves as the primary transporter for this oxygen. Each hemoglobin molecule binds four oxygen molecules in the lungs, meaning higher hemoglobin levels allow for more oxygen to be bound and transported from the lungs to muscle tissues. During intense and prolonged muscle contractions, a constant and abundant oxygen supply is crucial for generating energy through aerobic metabolism.

An increase in hemoglobin levels allows for more oxygen to be delivered per unit of time to muscle mitochondria. This higher oxygen availability enables muscles to sustain aerobic energy production at higher intensities and for longer durations, thereby enhancing overall VO₂max²⁹.

CONCLUSION

This study observed significant increases in muscle mass, fat mass, hemoglobin levels, and VO₂max capacity following the intervention. The administration of snacks made from mackerel scads (*Decapterus sp.*) with added tuna liver had a significant positive impact on these body composition and physiological parameters.

RECOMMENDATIONS

Based on these findings, these snacks can serve as a valuable source of protein and iron, meeting a percentage of the Recommended Dietary Allowance (RDA) to support the nutritional adequacy of school-aged football players. Further research with a larger sample size and extended intervention period is recommended to explore the long-term effects on muscle mass, total muscle weight, and hemoglobin in anemic, underweight toddlers.

STRENGTHS

A key strength of this study is that the 90-gram intervention snack, made from fish with added tuna liver, contributed 26.5% of the daily protein and 25.75% of the daily iron requirements for school-aged football players aged 13-15 years, supplementing their main meals.

LIMITATIONS

A limitation of this study was a primary weakness of the study is its quasi-experimental one-group pre-test-post-test design, as it lacks a control group. The inability to fully control and monitor the subjects' dietary patterns, as all participants resided with their parents rather than being centrally housed.

ACKNOWLEDGMENTS

The researchers extend their gratitude to the Ministry of Health and PT Antam Tbk (North Maluku Branch) for their financial support of this research.

REFERENCES

1. UNICEF. Communication Strategies for Social and Behavioral Change: Improving Adolescent Nutrition in Indonesia. Unicef [Internet]. 2021; 1–66. Available from: <https://sl1nk.com/yPRrS>
2. Ministry of Health 2023. In numbers in numbers. Ski Lap of the Ministry of Health of the Republic of Indonesia [Internet]. 2023; 1–908. Available from: <https://l1nk.dev/2uD1U>

3. Sa'adah U, Hardiansyah A, Darmuin D. The Relationship between Nutritional Knowledge and Macronutrient Intake with the Physical Fitness Level of Football Athletes at SSB Ganesha Putra FC Purwodadi. *J Indonesian Nutrition Science* [Internet]. 2023; 4(1). Available from: <https://jurnal.umitra.ac.id/index.php/JIGZI/article/view/1026>
4. Dieny FF, Widyastuti N, Fitranti DY, Tsani AFA, J FF. Nutrient intake profiles, nutritional status, and hydration status are related to the performance of Football School Athletes in Semarang City. *Indonesian J Hum Nutr* [Internet]. 2020; 7(2):108–19. Available from: <https://ijhn.ub.ac.id/index.php/ijhn/article/view/358>
5. Listianasari Y. Fe Intake, Hb and Vo2Max Levels in Football Athletes in Sleman Regency Yogyakarta. *Nutr J Food, Nutrition, Health* [Internet]. 2020; 1(2):35–41. Available from: <https://ejournal.poltekkes-pontianak.ac.id/index.php/PNJ/article/view/919/404>
6. Podlogar T, Wallis GA. New Horizons in Carbohydrate Research and Application for Endurance Athletes. *Sport Med* [Internet]. 2022;52(s1):5–23. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01757-1>
7. Henselmans M, Bjørnsen T, Hedderman R, Vårvik FT. Henselmans, M.; Bjørnsen, T.; Hedderman R i wsp. The Effect of Carbohydrate Intake on Strength and Resistance Training Performance: A Systematic Review 2022. [Internet]. Vol. 14, *Nutrients*. 2022. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35215506/>
8. Inzaghi E, Pampanini V, Deodati A, Cianfarani S. The Effects of Nutrition on Linear Growth. *Nutrients* [Internet]. 2022;14(9):1–12. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35565716/>
9. Putri MP, Dary D, Mangalik G. Protein Intake, Iron and Nutritional Status in Adolescent Women. *J Nutr Coll* [Internet]. 2022; 11(1):6–17. Available from: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/article/view/31645>
10. Central Government. Presidential Decree No. 95 concerning the improvement of national sports achievements. 2017; 1–15. Available from: <https://setkab.go.id/wp-content/uploads/2017/10/Perpres-Nomor-95-Tahun-2017.pdf>
11. Ratnawati M, Probawati R, Sawitri Prihatini M, Ningtyas SF, Ulfa AF. Feeding Modified Supplementary Feeding on the Nutritional Status of Toddlers. *J Heal Science* [Internet]. 2023; 4(2):104–11. Available from: <http://www.jasapublishjurnal.com/jurnal.healthsains.co.id/index.php/jhs/article/view/801>
12. Fauziah F, Kusharto CM, Setiawan B. Effect of high protein milk administration and compliance level on weight gain and nutritional status of children aged 15-17 years. *AcTion Aceh Nutr J* [Internet]. 2022; 7(1):41. Available from: <https://ejournal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/an/article/view/532>
13. Van Loon LJC. Role of dietary protein in post-exercise muscle reconditioning. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser* [Internet]. 2013;75:73–83. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23765352/>
14. Alhussain MH, ALshammari MM. Association Between Fish Consumption and Muscle Mass and Function in Middle-Age and Older Adults. *Front Nutr* [Internet]. 2021;8(December):1–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34966766/>
15. Ministry of Health. Ministry of Health of the Republic of Indonesia, 2019 [Internet]. Vol. 1, *Duke Law Journal*. 2019. Available from: http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No__28_Th_2019_ttg_Angka_Kecukupan_Gizi_Yang_Dianjurkan_Untuk_Masyarakat_Indonesia.pdf
16. Garcia-Iborra M, Castanys-Munoz E, Oliveros E, Ramirez M. Optimal Protein Intake in Healthy Children and Adolescents: Evaluating Current Evidence. *Nutrients* [Internet]. 2023; 15(7):1–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37049523/>
17. Boateng EF, Nasiru MM, Agyemang M. Meat: Valuable Animal-Derived Nutritional Food. A Review. *Asian Food Sci J* [Internet]. 2020;15(1):9–19. Available from: <https://journalafsj.com/index.php/AFSJ/article/view/297>
18. BPOM. Regulation of the Food and Drug Supervisory Agency Number 1 of 2022 concerning Claims Supervision on Labels and Advertisements of Processed Foods. *BPOM Regulation* [Internet]. 2022; 11:1–16. Available from: <https://shorturl.at/vyrpc>
19. Öneş E, Sağlam D. Do Locus of Control Affect Anthropometric Measurements, Food Intake and Diet Quality in Adolescent Soccer Players ? Adölesan Futbolcularda Denetim Odağı Antropometrik Ölçümleri, Besin Alımını ve Diyet Kalitesini Etkiler mi? 2023;51(1):61–8. Available from: <https://sl1nk.com/tQOnz>
20. Sebastiá-Rico J, Martínez-Sanz JM, González-Gálvez N, Soriano JM. Differences in Body Composition between Playing Positions in Men's Professional Soccer: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Appl Sci* [Internet]. 2023;13(8). Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/8/4782>
21. Hannon MP, Close GL, Morton JP. Energy and Macronutrient Considerations for Young Athletes. *Strength Cond J* [Internet]. 2020;42(6):109–19. Available from: https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2020/12000/energy_and_macronutrient_considerations_for_young.11.aspx
22. Medise BE. The Role of Iron for Supporting Children's Growth and Development. *World Nutr J* [Internet]. 2021;5(1–1):16–24. Available from: <https://worldnutrijournal.org/OJS/index.php/WNJ/article/view/265>
23. Hernandez-Martin A, Garcia-Unanue J, Martinez-Rodriguez A, Manzano-Carrasco S, Felipe JL, Carvalho MJ, et al. The effects of football practice on nutritional status and body composition in children: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients* [Internet]. 2021;13(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34444722/>
24. Valenzuela PL, Alejo LB, Montalvo-Pérez A, Ojanguren D, Górriz M, Pagola I, et al. Pre-sleep protein supplementation in professional cyclists during a training camp: a three-arm randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2023;20(1). Available from: <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2166366>
25. Goma MAE, Allam MG, Haridi AAIM, Eliwa AEM, Darwish AMG. High-Protein Concentrated Pro-Yogurt (Pro-WPI) Enriched With Whey Protein Isolate Improved Athletic Anemia and Performance in a Placebo-Controlled Study. *Front Nutr* [Internet]. 2022; 8(January):1–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35127786/>

26. Rehman T, Agrawal R, Ahamed F, Das S, Mitra S, Kumar D, et al. Optimal dose and duration of iron supplementation for treating iron deficiency anaemia in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* [Internet]. 2025;20(2): e0319068. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0319068>
27. Bagheri R, Kargarfard M, Sadeghi R, Scott D, Camera DM. Effects of 16 weeks of two different high-protein diets with either resistance or concurrent training on body composition, muscular strength and performance, and markers of liver and kidney function in resistance-trained males. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2023;20(1):2236053. Available from: <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2236053>
28. Purwanto S, Ockta Y. Sports Nutrition and Gross Motor Skill Development in Youth Athletes: A Literature Review. *J Penelit Pendidik IPA* [Internet]. 2024;10(8):572–9. Available from: <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/8991>
29. Webb K, Wiggins C, Secomb T, Joyner M, Roy T. The dependence of maximum oxygen uptake on hemoglobin-oxygen affinity and altitude: a computational modeling approach. *Physiology* [Internet]. 2023;38(S1):1–11. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10569622/>

Effectiveness green okra pudding on glycemic profile of adults with type 2 diabetes mellitus through regulation of TCF4 protein

Armenia Eka PUTRIANA^{1,2}, Evy DAMAYANTHI¹, Eny PALUPI¹, Zuraidah NASUTION¹, Ekowati HANDHARYANI³, Ni Luh Ayu MEGASARI⁴

1 Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, West Java, Indonesia.

2 Nutrition study program, Faculty of Health, Widya Nusantara University, Palu, Central Sulawesi, Indonesia.

3 Veterinary Clinic Reproduction and Pathology Department, School of Veterinary Medicine and Biomedicine, IPB University, Bogor, West Java, Indonesia.

4 Tropical Disease Laboratory, Airlangga University, Surabaya, East Java, Indonesia.

Recibido: 4/julio/2025. Aceptado: 12/septiembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is a common and increasingly prevalent chronic disease worldwide that can lead to numerous complications. This study aimed to evaluate the effect of green okra pudding consumption on glycemic profile, blood pressure, and TCF4 protein levels in adults with T2DM.

Methods: Single blind randomized controlled trial (RCT) was conducted with 28 adult participants aged 19-59 years with T2DM. The treatment groups were divided into a control group and an intervention group. The intervention group received green okra pudding for six weeks with a portion of two cups each weighing 100 g/day, for a total daily consumption of 200 g. The control group received the same amount of pudding without green Okra. Data were analyzed using independent t-test analysis to evaluate the effect of the treatment. SPSS version 26.0 was used.

Results: Green okra pudding had a significant effect on changes in fasting glucose blood. The control group experienced an increase in fasting glucose blood from 184 to 197.83 mg/dl; HbA1c from 8.26% to 9.61%; Systolic decreased from 148.58 to 143.75 mmHg; Diastolic blood pressure increased significantly from 90.25 to 143.75 mmHg and TCF4 decreased from 191.27 to 186.57. In contrast, Green Okra Pudding group experienced in fasting glucose blood a decrease from 275.58 to

268.83 mg/dl; HbA1c decrease from 10.11% to 9.65%; Systolic decreased from 151.25 to 141.75; Diastolic blood pressure decreased from 91.25 to 89.33 mmHg and TCF4 increased from 173.22 to 179.65.

Conclusion: The intervention with Green Okra Pudding showed statistically positive effects on fasting blood glucose, diastolic blood glucose, and TCF4 compared to the control group. Specifically, the group consuming the pudding experienced a decrease in fasting blood glucose and diastolic blood pressure. This indicates that Green Okra Pudding is potentially effective in helping manage fasting blood glucose, diastolic blood pressure, and TCF4 in Type 2 Diabetes Mellitus.

KEYWORDS

Functional foods, malnutrition, non-communicable diseases.

INTRODUCTION

Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is one of the most common metabolic disorders worldwide and its development is caused by a combination of two main factors, impaired insulin secretion by pancreatic cells and the inability of insulin-sensitive tissues to respond to insulin¹. Globally, around 462 million people suffered from T2DM in 2017, equivalent to 6.28% (4.4 million people aged 15-49 years, 15 million people aged 50-69 years and 22 million people aged ≥70 years)². The prevalence of T2DM in Indonesia is estimated at 6.2% in 2019 and 10.8% in 2021, placing it in the top 10 countries with the highest prevalence of T2DM and the steepest increase³. According to the 2018 Basic

Correspondencia:

Evy Damayanthi
edamayanthi@apps.ipb.ac.id

Health Research (RISKESDAS) in Indonesia, 10.9% of the population aged ≥ 15 years suffer from DMT2⁴.

Hypoglycemic agents are drugs used to lower blood glucose (sugar) levels. They are commonly used in the treatment of diabetes mellitus. Most conventional chemical antidiabetic drugs have limited benefits and are associated with many serious side effects that leave doctors and patients dissatisfied with the control of the disease, along with the high cost of treatment that has led to a growing trend towards herbal therapies⁵. Herbal plants are rich sources of bioactive compounds such as flavonoids, and antioxidants, several studies have described their efficacy and safety in managing blood glucose levels in DMT2⁶.

Okra extracts, both green and purple, show antihyperglycemic potential and the ability to increase MDA levels in streptozotocin-induced diabetic rats⁷. Green Okra products can be processed and utilized in various ways such as steamed, boiled, powdered, extracts and okra soaking water⁸⁻¹⁴. Pudding is a type of food that is generally made from boiled or steamed ingredients and is popular with many people of all ages. Okra is a type of vegetable that is rich in fiber, vitamins, and minerals. Okra contains antioxidants that play a role in counteracting free radicals, but has a pungent taste and aroma, so an alternative to processing okra is to process it into pudding, the texture former of pudding can use agar-agar flour¹⁵. Pudding product research using purple okra with healthy subjects so that it can be used as a potential antioxidant functional food¹⁶, purple okra has the potential as a functional food in increasing the antioxidant status of healthy adults with higher SOD level changes¹⁷.

Clinical research related to green okra in the form of pudding associated with TCF4 protein regulation against T2DM has never been conducted, so the aim of this study was to determine the effectiveness of green okra pudding on the glycemic profile of adults with T2DM through TCF4 protein regulation.

METHOD

Design, Location, and Time

Interventional research using Single blind randomized controlled trial (RCT). This study was conducted in Kendari in April-November 2024. Screening was conducted in June-September 2024. Green okra pudding intervention was conducted in October-November 2024. Green Okra Pudding was distributed daily. Blood sample analysis (fasting blood glucose) was conducted at the Maxima Kendari Laboratory. TCF4 Protein analysis was conducted at the Institute of Tropical Diseases, Airlangga University. The study has passed the ethical review of the Institute for Research and Community Service, Health Research Ethics Commission, Halu Oleo University Number 1384/UN29.20.1.2/PG.2024, respondents have signed informed consent.

Population and Sample

The number of subjects was determined based on the formula of Chow et al. (2008) using a 95% confidence level. This study used a standard deviation (σ) and an expected average decrease in GDP (fasting blood sugar) (ϵ) of 24.35 mg/dL and 10.6 mg/dL, respectively, referring to the research of Haryati et al. (2019), so the minimum number of subjects per group was 12 people. In an effort to anticipate subjects who missed observation (drop out), the number of subjects was increased by 20% so that the total number of subjects per treatment group was 14 people. This study consisted of two groups, namely the control and green okra pudding intervention groups, so the total number of research subjects required was 28 people.

Data Collection

The green okra used uses Naila IPB variety seeds grown in Kendari. After being harvested, the okra is blanched and then stored in the freezer until ready to use. The pudding making process with modifications^{16,18}. The pudding making process begins with blanching the green okra at a temperature of 90-97°C for 30 seconds. Then, some of the okra is macerated using distilled water (1:3) for 12 hours, and some is pureed using a blender. The next step is to make the pudding mixture by mixing agar powder, sorbitol, milk, and water, then the fine okra and its mucus are added to the pudding mixture. After the pudding mixture is finished cooking, the heat is turned off. After the pudding mixture is warm, it is put into cups to be served. Cooled until set, then ready to be distributed.

Green okra pudding was given as much as 2 cups/day for 6 weeks, so the total cups needed were 2352 pieces. The weight of one cup of pudding was 100 g. The pudding packaging was labeled according to the respondent's coding number. Pudding was given to the subjects every day. Compliance monitoring was carried out every day in the afternoon at 17.00 WITA.

Screening was conducted from June-September 2024. Potential respondents were measured for random blood glucose, if they met the inclusion criteria, namely ≥ 180 mg/dl, they were directed to fast and undergo further screening. The exclusion criteria in this study were adults with DMT2 accompanied by metabolic syndrome, pregnant, undergoing insulin therapy, experiencing complications, experiencing decreased consciousness, having had ulcers and having a history of smoking. Baseline and endline blood sample collection and testing were carried out by health workers. Subjects were fasted 12 hours before blood sampling in the morning using a vacuum blood collection system from the elbow crease vein so that blood sampling was carried out twice. A blood sample of 15 ml will be taken and placed in a tube that has been labeled with the subject's identity. If a

hematoma occurs as a risk of blood sampling, treatment can be carried out by keeping the blood sampling area clean and compressing it with cold water so that the condition can improve in a few days. Anthropometry was carried out by measuring height using a microtoise and the respondent's weight using a digital scale (GEA).

This kit was based on sandwich enzyme-linked immunosorbent assay technology. Anti TCF4 antibody was pre-coated onto the 96-well plate. The biotin conjugated anti TCF4 antibody was used as the detection antibody. The standards and pilot samples were added to the wells subsequently. After incubation, unbound conjugates were removed by wash buffer. Then, biotinylated detection antibody was added to bind with TCF4 conjugated on coated antibody. After washing off unbound conjugates, HRP-Streptavidin was added. After a third washing, TMB substrates were added to visualize HRP enzymatic reaction. TMB was catalyzed by HRP to produce a blue color product that turned yellow after adding a stop solution. Read the O.D. absorbance at 450nm in a microplate reader. The concentration of TCF4 in the sample was calculated by drawing a standard curve. The concentration of the target substance is proportional to the OD450 value. The sealed kit can be stored at 2-8°C. This kit is available in two sizes, namely 48T and 96T, and contains various components for ELISA testing. The main components include ELISA Microplates (8x6 for 48T and 8x12 for 96T), Lyophilized Standards (1 vial for 48T and 2 vials for 96T), Biotin-labeled Antibody, and HRP-Streptavidin Conjugate with a volume of 60ul and 120ul. In addition, this kit is also equipped with TMB Substrate (5ml and 10ml), several types of buffers (such as Sample Dilution Buffer, Antibody Dilution Buffer, SABC Dilution Buffer, and Wash Buffer), Stop Solution, and Plate Sealer. For storage after opening, the remaining strips and standards should be placed in a sealed foil pouch with a desiccant. Most liquid reagents and other components should be stored at 2-8°C, while some components such as standards and microplates can be stored at -20°C for 6 months. Finally, the liquid reagent bottle may contain slightly more volume than stated, so users are advised to use the pipette accurately.

Statistical Analysis

The data processing includes coding, editing, entry, cleaning, and analysis. Data processing was carried out with the help of Microsoft Excel 2019 software and IBM Statistical Program for Social Sciences (SPSS) version 26.0. Statistical analysis independent t-test was used to analyze the effect of glycemic profile, blood pressure and TCF4 protein between treatment groups. Analysis paired t-test was used to test the difference in average consumption before and after intervention in each treatment group. Fasting blood glucose was normally distributed ($p>0.05$). This was true for both baseline and endline measurements. Both p-values were 0.498 for baseline data and 0.407 for endline data (Shapiro-wilk).

RESULTS

Characteristics of Respondents

Distribution of respondent characteristic data into two groups, namely the control group and the green okra pudding group with a difference test on variables including age, gender, nutritional status, duration of type 2 diabetes mellitus (DMT2), occupation, education, and income (Table 1). Overall, both groups (control and green okra pudding) were balanced in terms of the distribution of characteristics. This balance is important to ensure that the intervention outcome (green okra pudding) is truly attributable to the treatment given, and not to differences in baseline characteristics between the groups.

Respondent Compliance in Consuming Green Okra Pudding

The level of compliance of respondents in the treatment group (Control and Green Okra Pudding) remained good during the 6-week intervention period with most of the compliance percentages above 90%. The fluctuations that occurred in both groups were influenced by various factors such as feeling bored and not finishing the pudding. Each respondent received 2 cups of pudding without green okra (control)/green okra pudding (intervention) every day for 6 weeks. Distribution was carried out every day to each respondent.

Respondents' Energy and Nutrient Intake

The average energy and nutrient intake of the subjects can be seen in Table 3. The results of the Paired t-test showed that there was no significant difference ($p>0.05$) in the intake of the subjects before and after the intervention in each group. This indicates that there was no change in consumption in all respondents.

The intragroup p-value indicates no significant change over time within the groups. For each parameter listed, there was no statistically significant difference between the two groups (control and Green Okra Pudding).

The Effect of Giving Green Okra Pudding on Glycemic Profile, Blood Pressure and TCF4 Protein Level

The average glycemic profile, blood pressure and TCF4 protein levels based on the treatment group can be seen in Table 4. There was a decrease in fasting blood glucose, HbA1c, systolic, and diastolic, and an increase in TCF4 protein after 6 weeks of intervention in the green okra pudding group. Changes in fasting and diastolic blood glucose before and after treatment showed improvement with a significant decrease ($p<0.05$) in the green okra group. While in HbA1c and systolic TCF4 protein there was an improvement but not significant ($p>0.05$). In TCF4 protein concentration there

Table 1. Distribution of respondent characteristics

Variabel		Control group		Green Okra Pudding Group		Total	
		n	%	n	%	n	%
Sex	Male	3	10,71	1	3,57	4	14,28
	Female	11	39,28	13	46,42	24	85,72
Nutritional status	Underweight	1	3,57	1	3,57	2	7,1
	Normal	7	25	6	21,42	13	46,42
	Overweight	5	17,85	1	3,57	6	21,42
	Obesity 1	1	3,57	5	17,85	6	21,42
	Obesity 2	0	0	1	3,57	1	3,57
	Mean±SD	21,86±3,231		23,43±4,014			
Long time suffering from DM	< 1 year	3	10,71	1	3,57	4	14,28
	1-3 years	4	14,28	3	10,71	7	25
	4-5 years	0	0	5	17,85	5	17,85
	>5 years	7	25	5	17,85	12	42,85
Work	Civil Servant/Teacher	0	0	1	3,57	1	3,57
	Self-employed	3	10,71	3	10,71	6	21,42
	Housewife	9	31,14	10	35,71	19	67,85
	Farmer	2	7,14	0	0	2	7,14
Education	Senior High School	13	46,42	13	46,42	26	92,85
	Bachelor	1	3,57	1	3,57	2	7,14
Income	1-2 Million	14	50	13	46,42	27	96,42
	>2 Million	0	0	1	3,57	1	3,57
Total						28	100

*n=number of respondents; SD=Standard deviation; DM=Type 2 diabetes mellitus; PNS=Civil Servants; SMA=Senior High School; Chi square test (age, gender, duration of DM between control group and green okra pudding group) data is not normally distributed; Oneway ANOVA (groups >2) is normally distributed. Nutritional status: Thin (BMI <18.5 kg/m²), Normal (BMI 18.5-22.9 kg/m²); Overweight (BMI 23-24.9 kg/m²); Obesity I (BMI 25-29 kg/m²); Obesity II (BMI ≥30 kg/m²) (WHO, 2000).

was an increase after treatment but not significantly. Improvement in systolic and TCF4 protein occurred in the control group after treatment but not significantly ($p>0.05$).

Fasting blood glucose levels before and after treatment, there was a decrease in fasting blood glucose levels of -6.75 ± 152.86 after consuming green okra pudding and an increase in fasting blood glucose levels of 13.83 ± 56.26 in the control

group. When compared between the control group and the green okra pudding group, there was a significant decrease in fasting blood glucose levels ($p<0.05$) in the green okra pudding group. Giving boiled okra has been proven to be effective in reducing fasting blood glucose in DM2 patients, giving green okra by boiling can significantly reduce fasting blood glucose¹³.

Table 2. Respondents' Energy and Nutrient Intake

Parameters	Control Group (Mean±SD)	Intragroup p-value	Green Okra Pudding Group (Mean±SD)	Intragroup p-value	Intergroup Comparison (p-value > 0.05)
Energy (Cal)	815.77±148.42	0.819	862.90±521.69	0.348	No Significant Difference
Carbohydrate (g)	121.38±40.08	0.706	129.78±68.93	0.168	No Significant Difference
Protein (g)	27.66±6.31	0.651	31.02±14.51	0.634	No Significant Difference
Fat (g)	23.03±20.36	0.871	25.44±29.11	0.651	No Significant Difference
Fiber (g)	3.12±1.67	0.692	2.90±2	0.145	No Significant Difference
Sodium (mg)	1563.21±957.10	0.739	1765.82±1788.6	0.333	No Significant Difference
Potassium (mg)	523.4±193.03	0.787	583.69±300.20	0.765	No Significant Difference

Table 3. Effect of Treatment on Glycemic Profile, Blood Pressure, and TCF4 Protein

Parameter	Control Group	Green Okra Pudding Group	<i>p</i> *
	Mean±SD	Mean±SD	
Fasting Blood Glucose			
Before (mg/dl)	184±107.76	275.58±145.21	0.040
After (mg/dl)	197.83±145.98	268.83±140.92	
Δ (mg/dl)	13.83±56.26	-6.75±152.86	
<i>p-value</i>	0.413	0.881	
HbA1c (%)			
Before (mg/dl)	8.26±2.76	10.11±2.17	0.223
After (mg/dl)	9.61±2.88	9.65±2.70	
Δ (mg/dl)	1.35±2.78	-0.46±2.14	
<i>p-value</i>	0.121	0.467	
Systolic			
Before (mmHg)	148.58±23.78	151.25±23.13	0.959
After (mmHg)	143.75±20.71	141.75±21.09	
Δ (mmHg)	-4.83±15.18	-9.5±14.24	
<i>p-value</i>	0.294	0.041	

Data are presented as mean ± SD; *p= Analysis of difference test using independent t-test. HbA1c= Hemoglobin A1c; TCF4= Transcription Factor 4; Δ = delta change before and after intervention.

Table 3 continuation. Effect of Treatment on Glycemic Profile, Blood Pressure, and TCF4 Protein

Parameter	Control Group	Green Okra Pudding Group	<i>p</i> *
	Mean±SD	Mean±SD	
Diastolic			
Before (mmHg)	91.86±16	91.25±9.24	0.022
After (mmHg)	143.75±20.7	89.33±12.82	
Δ (mmHg)	53.50±18.38	-1.91±9.35	
<i>p-value</i>	0.000	0.493	
TCF4			
Before	191.27±113.36	173.22±52	0.712
After	186.57±77.09	179.65±42	
Δ	-4.69±88.54	6.42±35.45	
Change (%)	-2.45%	+3.71%	
<i>p-value</i>	0.871	0.580	

Data are presented as mean ± SD; **p*= Analysis of difference test using independent t-test. HbA1c= Hemoglobin A1c; TCF4= Transcription Factor 4; Δ = delta change before and after intervention.

DISCUSSION

The presence of two different *p*-values—one significant and one insignificant—does require careful explanation to avoid misinterpretation. This indicates that the two *p*-values answer different statistical questions. Intragroup *p*-value (*p*=0.881), this value comes from a statistical test comparing before-and-after results in the same group, namely the Green Okra Pudding group, with a *p*-value of 0.881 (well above 0.05), the average decrease from 275.58 to 268.83 mg/dl is not considered significant. This means the observed change could simply be random fluctuations. Then, the Intergroup *P*-value (*p*=0.040) is derived from a statistical test comparing the differences between the two groups, namely the Green Okra Pudding group and the control group. With a *p*-value of 0.040 (below 0.05), it indicates a significant difference between the two groups. The control group experienced an increase (+13.83 mg/dl), while the Green Okra Pudding group experienced a decrease (-6.75 mg/dl). This trend difference (increase vs. decrease) is considered statistically significant. The crucial finding of this study was not that okra pudding caused a significant decrease in blood sugar in the participants, but rather that it significantly prevented the rise in blood sugar. This suggests that green okra pudding has an important protective or stabilizing effect that cannot be ignored.

HbA1c levels in the control group and the green okra pudding group were not significantly different. However, in the green okra pudding group, there was an improvement in HbA1c so that green okra pudding has the potential to improve HbA1c levels in T2DM. This can occur because HbA1c reflects average fasting blood glucose control for 2-3 months, so a period of 6 weeks is not long enough to show significant changes in HbA1c even though fasting blood sugar levels decrease. Thus, although green okra pudding is effective in lowering blood sugar levels, evaluation of its effects on HbA1c needs to be carried out over a longer period of time to obtain significant results⁹.

Systolic blood pressure before and after treatment between the two groups did not show any significant difference changes. Although the control group and the green okra pudding group experienced a decrease. This may be due to several factors such as the amount of administration, processing method, duration of administration, and type of okra. Diastolic pressure before and after treatment between the two groups showed significant differences. There was a drastic increase in the control group, green okra pudding managed to maintain/maintain diastolic much better than the control group. The most crucial aspect of diastolic blood pressure is the stark and significant difference in results between the control group and the group given Green Okra Pudding. While the control group experienced a significant and significant increase

in their diastolic blood pressure (from 91.86 to 143.75 mg/dl, with a p-value of 0.000), the Green Okra Pudding group showed the opposite trend, a slight decrease (from 91.25 to 89.33 mg/dl). The intergroup p-value of 0.022 proves that the difference in results between the two groups is statistically significant and not due to chance. This indicates that Green Okra Pudding effectively prevented the spike in diastolic blood pressure that occurred in the control group.

The average TCF4 level decreased slightly from 191.27 to 186.57 mg/dl, which is equivalent to a decrease of 2.45%. However, the intragroup p-value of 0.871 indicates that this decrease is not statistically significant. This means that the change may be due to random fluctuations and not the effect of the absence of treatment. TCF4 levels increased slightly from 173.22 to 179.65 mg/dl, which is equivalent to an increase of 3.71%. Similar to the control group, the intragroup p-value of 0.580 indicates that this increase is not statistically significant. Although there appeared to be opposing trends between the two groups (a decrease in the control group and an increase in the Green Okra Pudding group), neither of these changes reached statistical significance.

The concentration of TCF4 protein in the control group and the green okra pudding group, before and after treatment, showed no significant difference. However, in the control group there was a change/decrease in TCF4 concentration and vice versa in the green okra pudding group. If there is an increase in TCF4 in the blood, this is thought to reflect the release of protein from tissues that are stressed or damaged, which is actually a pathological sign. This condition is thought that antioxidants are effective in reducing oxidative stress, which is one of the pathophysiological components of T2DM. However, antioxidant intervention does not directly affect TCF4 expression or function because it does not change the genetic makeup or core signaling pathways that regulate TCF4. Changes in TCF4 protein expression may not be sensitive to short-term antioxidant administration or at doses used in certain clinical studies. TCF4, on the other hand, is more related to genetic predisposition and core molecular mechanisms that regulate beta cell function and glucose metabolism. Changes in TCF4 levels or activity may be more influenced by genetic factors or other specific signaling pathways than just by the level of oxidative stress. Changes in TCF4 protein expression may not be sensitive to antioxidant intervention in the short term or at levels that can be significantly detected in certain clinical studies. Variations in the gene itself may be more dominant in determining protein levels or function than antioxidant interventions. Antioxidants do not change a person's genetic makeup. In summary, although antioxidants play an important role in reducing oxidative stress that is part of the pathophysiology of diabetes, the main mechanism of TCF4 in diabetes mellitus involves genetic regulation and complex cellular signaling pathways (Wnt pathway) that may not be directly or significantly affected by antioxidant interventions. The effects of TCF4 on diabetes are more intrinsic and genetic¹⁹.

Diabetes mellitus is a common chronic disease that is increasingly prevalent worldwide and can cause a number of dangerous complications. The Wnt (Wingless-related integration site) signaling pathway is important for the onset and development of diabetes. Wnt3a is a typical Wnt ligand that can increase β -catenin stability, control TCF7L2 expression, promote β -cell proliferation, and reduce apoptosis²⁰.

Wnt signaling plays a role in regulating the biological functions of adipose tissue. The relationship between the Wnt signaling pathway and T2DM was first documented in 2006²¹. The identified genetic polymorphisms are in the gene encoding transcription factor 7-like2 (TCF7L2), which produces the TCF4 protein, an important transcription factor in the Wnt signaling pathway. TCF7L2 is one of the strongest candidate genes found to be associated with T2DM to date. The TCF4 protein is a major transcriptional effector of the Wnt/ β -catenin signaling pathway, which is an important developmental pathway regulating adipogenesis²². Dysregulation of the Wnt signaling pathway plays a role in the occurrence and progression of T2DM, directly affecting pancreatic β -cell differentiation and proliferation, as well as insulin secretion and action²³.

STUDY LIMITATIONS

There are several limitations in this research. The sample size was limited and the intervention duration was not long enough to see changes in HbA1c. In addition, measuring respondents' consumption using the 2x24-hour recall method which relies on memory may not reflect food intake accurately.

CONCLUSION AND RECOMMENDATION

Green okra pudding significantly affected changes in fasting and diastolic blood glucose before and after treatment in the control group and the green okra pudding group ($p < 0.05$), but did not affect changes in HbA1c levels but there was an improvement ($p > 0.05$). In the concentration of TCF4 protein, there was an increase in the green okra pudding group and vice versa in the control group. So that green okra pudding based on the results of this study is good for controlling fasting blood glucose in DMT2. Further research is needed with a larger sample size considering variables not measured in this study, analyze the effect of green okra pudding on other parameters such as lipid profiles in adults with T2DM using local varieties.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank (1) The Indonesian Education Scholarship (ID Number: 202101122671) Center for Higher Education Funding and Assessment (Beasiswa Pendidikan Indonesia), (2) Ministry of Higher Education, Science, and Technology of the Republic of Indonesia and (3) Endowment Fund for Education Agency, Ministry of Finance of the Republic of Indonesia for financial support through the 2021 Indonesian Education Scholarship.

REFERENCES

1. Roden M, Shulman GI. The integrative biology of type 2 diabetes. *Nature*. 2019;576 (1): 51–60. doi: 10.1038/s41586-019-1797-8.
2. Khan MAB, Muhammad JH, Jeffrey KK, Romona DG, Halla M, Juma AK. Epidemiology of Type 2 Diabetes – Global Burden of Disease and Forecasted Trends. *Journal of Epidemiology and Global Health*. 2020;1 (1): 107–111. doi: <https://doi.org/10.2991/jegh.k.191028.001>; ISSN 2210-6006; eISSN 2210-6014. <https://www.atlantis-press.com/journals/jegh>.
3. International Diabetes Federation. (2021). IDF Diabetes Atlas. 10th edition. Brussels. ISBN: 978-2-930229-98-0.
4. Ministry of Health of the Republic of Indonesia. Main Results of Basic Health Research (RISKESDAS). 2018. Research and Development Agency. Indonesia. https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir_519d41d8cd98f00/files/Hasil-risikesdas-2018_1274.pdf.
5. Asadi A, Shidfar F, Safari M. Efficacy of Melissa officinalis L. (lemon balm) extract on glycemic control and cardiovascular risk factors in individuals with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, clinical trial. *Phytother Res*. 2019;33(3):651–659. <https://doi.org/10.1002/ptr.6254>.
6. Momtaz S, Salek-Maghsoudi A, Abdolghaffari AH, Jasemi E, Rezazadeh S, Hassani S, Ziaee M, Abdollahi M, Behzad S, Nabavi SM. Polyphenols targeting diabetes via the AMP-activated protein kinase pathway; future approach to drug discovery. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 2019;56(7):472–492. doi: 10.1080/10408363.2019.1648376. PMID: 31418340.
7. Anjani G, E Damayanthi, Rimbawan, and E Handharyani. The potential of purple okra (*Abelmoschus esculentus* L.) extract as antidiabetic agent in streptozotocin-induced diabetic rats. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018;196 (1): 1–10. doi:10.1088/1755-1315/196/1/012038.
8. Tavakolizadeh M, Saeid P, Hussein G, Moghaddam, Ali B, Zeynab M, Mahtab S, Mojtaba Z. Clinical efficacy and safety of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) in type 2 diabetic patients: a randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Acta Diabetologica*. 2023;60: 1685–1695. <https://doi.org/10.1007/s00592-023-02149-1>.
9. Moradi A, Moahammad-Javad Tarrahi, Sara G, Mohammadreza S, Cain CT Clark, Sayyed-Morteza S. The effect of okra (*Abelmoschus esculentus*) on lipid profiles and glycemic indices in Type 2 diabetic adults: Randomized double blinded trials. *Wiley*. 2020;34(12):3325–3332. doi: 10.1002/ptr.6782.
10. Saatchi A, Nasser A, Samineh B, Yousef J, Fariba HA, Saba G. Anti-hyperglycemic effect of *Abelmoschus esculentus* (Okra) on patients with diabetes type 2: a randomized clinical trial. *Wiley*. 2021;36: 1644–1651. DOI: 10.1002/ptr.7341.
11. Nikpayam O, Maryam S, Ehsan S, Nazgol B, Vahideh S, Parina A. The effect of *Abelmoschus esculentus* L. (Okra) extract supplementation on glycemic control, inflammation, kidney function, and expression of PPAR- α , PPAR- γ , TGF- β , and Nrf-2 genes in patients with diabetic nephropathy: A triple-blinded, randomized, placebo-controlled trial. *Nutrition society*. 2024;131(4):648–657. DOI 10.1017/S0007114523002180.
12. Adap CB, Carla T, Paula LJ, Victorino, Ma Kristine, HM, Yanna YCM. Hypoglycemic Activity of Okra (*Abelmoschus esculentus*) in Participants with Impaired Fasting Glucose. Abstract Proceedings International Scholars Conference. 2019;7(1):626–635. <https://doi.org/10.35974/isc.v7i1.1921>.
13. Khodija U, Wiboworini B, Kartikasari LR. Comparing the Effect of Steamed and Boiled Okra (*Abelmoschus esculentus*) on Fasting Blood Glucose among Type 2 Diabetes Mellitus Patients with Hypercholesterolemia. *Int J Nutr Sci*. 2020;5(2):65–71. doi: 10.30476/IJNS.2020.85873.1064.
14. Haryati, Mubarak, Rahmawati. The Effectiveness of Okra Fruit (*Abelmoschus Esculentus*) on Fasting Blood Sugar and Total Cholesterol Levels in Type 2 Diabetes Mellitus. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*. 2019;22(11):463–471. DOI: 10.36295/ASRO.2019.221158.
15. Giyatmi, Dieny Z, Hamidatun. Karakteristik Mutu Puding Pada Berbagai Perbandingan Tepung Agar-agar Dan Jus Okra. *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan*. 2022. E-ISSN: p2620-7753.
16. Fadilah NR, Evy Damayanthi, Zuraidah Nasution. Antioxidative properties of purple okra (*Abelmoschus esculentus* L. moench) pudding. *Indonesian Journal of Nutrition and Dietetics*. 2024;12(1): 19–30. DOI: [https://dx.doi.org/10.21927/ijnd.2024.12\(1\).19-30](https://dx.doi.org/10.21927/ijnd.2024.12(1).19-30).
17. Damayanthi E, Mira D, Muhammad A, Zuraidah N. Intervention with Purple Okra Pudding and Supplement to Improve Antioxidant Status in Healthy Adults. *Indonesian Journal of Nutrition and Food*. 2024;19(1): 31–40. <https://doi.org/10.25182/jgp.2024.19.1.31-40>.
18. Jannah M, Evy Damayanthi, and Zuraidah Nasution. Effect of okra mucilage addition on antioxidant properties of purple okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) pudding. *BIO Web of Conferences*. 2025;153: 03003(2025). <https://doi.org/10.1051/bioconf/202515303003>.
19. Xue C, Qingfei C, Qingmiao S, Yifan Z, Juan L, Lanjuan L. Wnt signaling pathways in biology and disease: mechanisms and therapeutic advances. *Nature*. 2025;10: 106. <https://doi.org/10.1038/s41392-025-02142-w>.
20. Adeerjiang Y, Sidike A, Gan XX, Li QT, Jiang S. The Role of Wnt3a/ β -Catenin/TCF7L2 Pathway in Diabetes and Cardiorenal Complications. *Cardiorenal Med*. 2024;15(1):72–82. doi: 10.1159/000543145. PMID: 39709946; PMCID: PMC11844670.
21. Grant SFA, Thorleifsson G, Reynisdottir I, Benediktsson R, Manolescu A, Sainz J. Variant of Transcription Factor 7-like 2 (TCF7L2) Gene Confers Risk of Type 2 Diabetes. *Nat. Genet*. 2006;38(1): 320–323. doi:10.1038/ng1732.
22. Chen X, Ayala I, Shannon C. The diabetes gene and Wnt pathway effector TCF7L2 regulates adipocyte development and function. *Diabetes*. 2018;67 (4): 554–568. doi: 10.2337/db17-0318.
23. Nie X, Wei X, Ma H, Fan L, Chen WD. The complex role of Wnt ligands in type 2 diabetes mellitus and related complications. *J Cell Mol Med*. 2021;5(14):6479–6495. doi: 10.1111/jcmm.16663. PMID: 34042263; PMCID: PMC8278111.

Composición corporal, índice de masa corporal y envejecimiento biológico acelerado en mujeres beneficiarias de programas sociales en los Andes del sur del Perú

Body composition, body mass index, and accelerated biological aging in women beneficiaries of social programs in the southern Andes of Peru

Rocio CAHUANA LIPA¹, Julio Cesar MACHACA MAMANI¹, Edward TORRES CRUZ², Yuliza Francesca ANCHARI OBLITAS³, Nancy BERDUZCO TORRES⁴, Angela Fiorella SOTA CANO³

1 Universidad Nacional de Cañete –Lima.

2 Universidad Peruana Cayetano Heredia.

3 Universidad Tecnológica De Los Andes.

4 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Recibido: 15/julio/2025. Aceptado: 14/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El envejecimiento biológico acelerado representa un indicador clave del riesgo de enfermedades crónicas y deterioro funcional, especialmente en mujeres de zonas altoandinas con condiciones de pobreza.

Objetivo: Comparar la composición corporal, el índice de masa corporal (IMC) y el envejecimiento biológico acelerado en mujeres beneficiarias de los programas sociales JUNTOS y Vaso de Leche en los Andes del sur del Perú.

Métodos: Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, transversal y comparativo, la muestra estuvo conformada por 387 mujeres adultas clínicamente estables atendidas en el servicio de nutrición del Centro de Salud San Jerónimo mediante bioimpedancia eléctrica y antropometría, los datos se obtuvieron por observación directa. Para el análisis estadístico, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y posteriormente un análisis de varianza (ANOVA) para comparar los grupos según programa social. El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0.05$. El procesamiento se realizó en Rstudio y Python.

Resultados: La grasa corporal promedio fue alta, $41.2 \pm 7.83\%$, superando el rango normal para mujeres (20-33%),

indicando adiposidad generalizada. La masa muscular promedio fue baja, $25.13 \pm 4.05\%$, debajo del umbral óptimo ($>28\%$), sugiriendo posible sarcopenia funcional en mujeres adultas, la edad cronológica promedio fue 37.97 ± 11.16 años (rango 18-78), y la edad biológica promedio fue mayor, 52.16 ± 12.93 años (rango 34-80), reflejando envejecimiento acelerado. El IMC promedio fue $28.39 \pm 4.56 \text{ kg/m}^2$, ubicando al grupo en sobrepeso. Se encontró una relación positiva significativa entre IMC y porcentaje de grasa corporal, con concentración mayor en IMC $24-34 \text{ kg/m}^2$ y grasa 35%-50%, indicando sobrepeso y obesidad. El 79.6% de participantes presentan envejecimiento acelerado con edad biológica mucho mayor que cronológica. El 14.7% tiene envejecimiento esperado y el 5.7% envejecimiento saludable, con edad biológica menor.

Conclusión: El valor p extremadamente bajo ($p < 0.001$) indica diferencias significativas en grasa corporal entre grupos de envejecimiento, confirmando la asociación entre exceso de grasa y deterioro fisiológico, y validando la composición corporal como determinante del envejecimiento biológico acelerado.

Recomendaciones: Se recomienda fortalecer intervenciones diferenciadas que consideren el entorno social y las características fisiológicas para prevenir el envejecimiento biológico acelerado en poblaciones vulnerables altoandinas.

PALABRAS CLAVE

Bioimpedancia eléctrica, masa muscular, porcentaje de grasa corporal, programas sociales, mujeres andinas.

Correspondencia:

Rocio Cahuana Lipa
rcahuana@undc.edu.pe

ABSTRACT

Introduction: Accelerated biological aging represents a key indicator of the risk of chronic diseases and functional decline, especially in women from high Andean areas living in poverty conditions.

Objective: To compare body composition, body mass index (BMI), and accelerated biological aging in women who are beneficiaries of the JUNTOS and Vaso de Leche social programs in the southern Andes of Peru.

Methods: A quantitative, cross-sectional, and comparative study was conducted. The sample consisted of 387 clinically stable adult women treated in the nutrition service of the San Jerónimo Health Center using electrical bioimpedance and anthropometry. Data were obtained through documentary review. For statistical analysis, the Shapiro-Wilk normality test was applied, followed by an analysis of variance (ANOVA) to compare groups according to social program. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$. Processing was performed in Rstudio and Python.

Results: The mean body fat was high, $41.2 \pm 7.83\%$, exceeding the normal range for women (20-33%), indicating generalized adiposity. The mean muscle mass was low, $25.13 \pm 4.05\%$, below the optimal threshold ($>28\%$), suggesting possible functional sarcopenia in adult women; the mean chronological age was 37.97 ± 11.16 years (range 18-78), and the mean biological age was older, 52.16 ± 12.93 years (range 34-80), reflecting accelerated aging. The mean BMI was 28.39 ± 4.56 kg/m², placing the group as overweight. A significant positive relationship was found between BMI and body fat percentage, with the highest concentrations being those between 24-34 kg/m² and 35%-50% fat, indicating overweight and obesity. 79.6% of participants presented accelerated aging, with a biological age much greater than chronological age. 14.7% presented expected aging, and 5.7% presented healthy aging, with a younger biological age.

Conclusions: The extremely low p-value ($p < 0.001$) indicates significant differences in body fat between aging groups, confirming the association between excess fat and physiological decline, and validating body composition as a determinant of accelerated biological aging.

Recommendations: It is recommended to strengthen differentiated interventions that consider the social environment and physiological characteristics in order to prevent accelerated biological aging in vulnerable high-Andean populations.

KEY WORDS

Body composition, body mass index, and biological aging.

INTRODUCCION

El envejecimiento biológico acelerado es un fenómeno que ha cobrado creciente atención en la investigación en salud pública debido a sus implicancias sobre la calidad de vida, la funcionalidad y la carga de enfermedades crónicas en la población adulta¹. En las mujeres, particularmente, este envejecimiento puede verse intensificado por la acumulación excesiva de grasa corporal, especialmente en la región abdominal, lo que contribuye a un entorno hormonal y metabólico desfavorable que eleva el riesgo de enfermedades como diabetes tipo 2, hipertensión arterial, dislipidemias, cáncer y alteraciones del sistema osteomuscular y reproductivo^{2,3}.

A nivel global, el exceso de peso representa un desafío de salud pública sin precedentes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 39% de los adultos presenta sobrepeso y el 13% padece obesidad, siendo las mujeres las más afectadas, sobre todo en regiones con menores ingresos⁴⁻⁶. En América Latina y el Caribe, más del 60% de los adultos tienen exceso de peso y casi una de cada tres mujeres adultas vive con obesidad⁷. Estas cifras son aún más alarmantes cuando se consideran los contextos de pobreza, exclusión social y ruralidad, como ocurre en regiones altoandinas del Perú⁸⁻¹⁰. El índice de masa corporal (IMC) es la herramienta antropométrica más utilizada para estimar el estado nutricional en estudios poblacionales^{11,12}. Sin embargo, su capacidad diagnóstica es limitada, ya que no distingue entre masa magra y masa grasa ni revela la distribución corporal del tejido adiposo¹³. Dos mujeres con el mismo IMC pueden presentar perfiles metabólicos radicalmente distintos si difieren en su composición corporal^{12,14}. En este contexto, técnicas como la bioimpedancia eléctrica (BIA) ofrecen una alternativa accesible, no invasiva y costo-efectiva para estimar parámetros como el porcentaje de grasa, masa muscular y edad biológica estimada^{3,15}.

Desde el punto de vista y de análisis en el Perú existen características socioambientales únicas que influyen sobre la salud de las mujeres, especialmente aquellas en situación de pobreza extrema¹⁶. Las mujeres beneficiarias de programas sociales como "Juntos" y "Vaso de Leche" representan una población prioritaria para la evaluación nutricional avanzada, dado su doble riesgo biológico y estructural¹⁷. Pese a ello, existe una notoria escasez de estudios que integren indicadores de composición corporal y envejecimiento biológico en estas poblaciones, lo que limita la formulación de políticas públicas adaptadas a sus realidades^{18,19}.

A partir de este contexto el presente estudio se propuso comparar la composición corporal, el índice de masa corporal (IMC) y el envejecimiento biológico acelerado en mujeres beneficiarias de programas sociales en la provincia andina de Andahuaylas, Perú. Se plantea como hipótesis que una proporción significativa de estas mujeres presenta un exceso de grasa corporal y un déficit de masa muscular no detectados por el IMC, lo cual se

asocia a una edad biológica superior a la cronológica. La comprensión de este fenómeno permitirá diseñar intervenciones de salud pública más eficaces, centradas no solo en el control del peso, sino en la mejora cualitativa de la composición corporal, con el objetivo de disminuir el ritmo de envejecimiento y reducir el riesgo de enfermedades crónicas en una de las poblaciones más vulnerables del país^{20,21}.

MATERIALES Y METODOS

El estudio es de enfoque cuantitativo, observacional, transversal y comparativo, la población estuvo conformada por 20,385 mujeres adultas afiliadas al Seguro Integral de Salud (SIS), atendidas en el Centro de Salud San Jerónimo, región sur andino del Perú. La muestra fue no probabilística por conveniencia, incluyendo a 387 mujeres accesibles y clínicamente estables que fueron referidas al servicio de nutrición, garantizando criterios homogéneos de selección y validez de los datos antropométricos mediante personal calificado. Las usuarias elegibles son mayores de 18 años y clínicamente sanas, ausencia de contraindicaciones médicas específicas como embarazo, portación de marcapasos o implantes metálicos, incluyendo ayuno mínimo de 4 horas, reposo previo y condiciones de hidratación adecuadas. Se excluyeron mujeres con enfermedades crónicas descompensadas, trastornos hidroelectrolíticos severos o condiciones que pudieran alterar significativamente los parámetros de composición corporal. El uso de datos fue autorizado mediante la Carta con el N°0045-2025-GEREN CIA-CLAS-S-J-DISA APU-II.

Variables de estudio

Composición corporal, índice de masa corporal, la información se obtuvo mediante la técnica de observación directa de las valoraciones nutricionales realizadas con bioimpedancia eléctrica (BIA) utilizando el dispositivo Omron HBF-514C, validado clínicamente para uso en adultos que permite estimar el volumen (V) de los fluidos corporales a partir de los parámetros bioeléctricos registrados con el analizador de bioimpedancia y antropometría en el servicio de nutrición, incluyeron edad cronológica (años), edad biológica estimada (años), índice de masa corporal (kg/m^2), porcentaje de grasa corporal (%), porcentaje de masa muscular (%), y presión arterial sistólica (mmHg), datos que fueron calculados utilizando los estándares técnicos de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)²² y la Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la persona adulta del Ministerio de Salud (MINSA)²³. El IMC se calculó como el cociente entre el peso en kilogramos y el cuadrado de la talla en metros (kg/m^2), categorizado según los puntos de corte establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS): bajo peso (<18.5), normopeso (18.5–24.9), sobrepeso (25.0–29.9) y obesidad (≥ 30.0)²⁴.

Envejecimiento biológico acelerado se calculó con la edad cronológica y edad biológica, porcentaje de grasa corporal (%),

porcentaje de masa muscular (%) indicadores claves para determinar el envejecimiento, Si la edad biológica (calculada a partir de biomarcadores y parámetros fisiológicos) es mayor que la edad cronológica, esto indica envejecimiento acelerado²⁵. La disminución de masa muscular (sarcopenia) es un marcador fundamental de envejecimiento acelerado, reflejando pérdida de función y reserva corporal²⁰. El aumento excesivo, sobre todo de grasa visceral, se asocia con inflamación crónica y mayor riesgo de enfermedades relacionadas con envejecimiento^{26,27}.

Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron registrados y codificados en Microsoft Excel, para luego ser procesados estadísticamente utilizando SPSS versión 26, R Studio y Jamovi El análisis estadístico incluyó estadística descriptiva (media, desviación estándar, rangos intercuartílicos), así como frecuencias y proporciones por programa social. Para la comprobación de hipótesis, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Las comparaciones entre grupos se realizaron utilizando ANOVA, según correspondiera al tipo de variable y distribución. Las correlaciones entre variables continuas se analizaron utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Asimismo, se evaluó la homogeneidad de varianzas empleando la prueba de Levene. Se adoptó un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$ para todas las pruebas inferenciales realizadas. En cuanto a los aspectos éticos, el estudio fue aprobado por un comité de ética institucional, y se desarrolló conforme a los principios establecidos en la Declaración de Helsinki²⁸.

RESULTADOS

La presente evaluación incluyó a un total de 387 mujeres adultas, quienes fueron sometidas a medición de composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica. La población participante estuvo compuesta principalmente por mujeres en edad productiva, con un rango de edad cronológica comprendido entre 18 y 78 años.

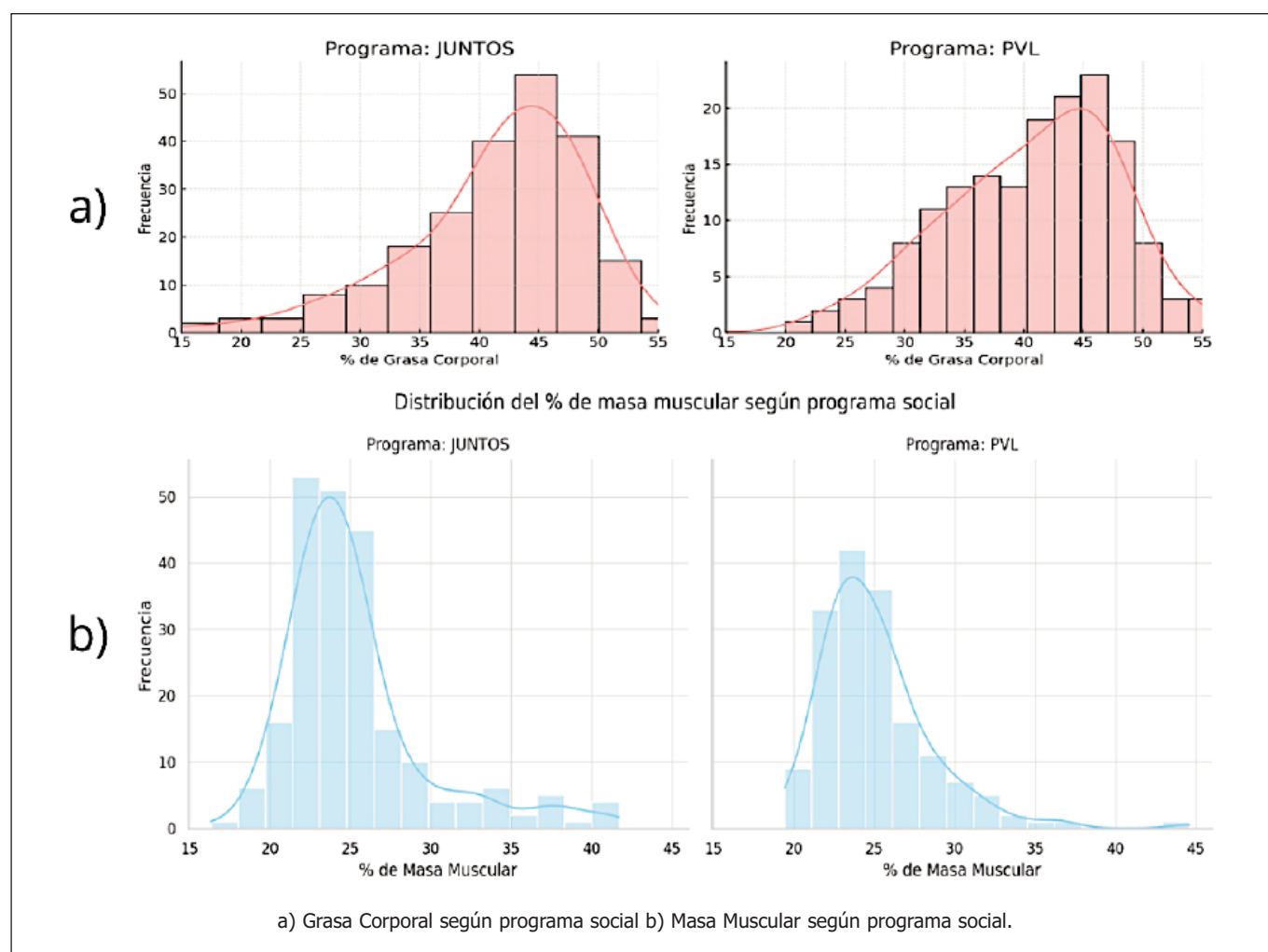
El análisis descriptivo de la muestra revela que la edad cronológica promedio de las participantes fue de 37.97 ± 11.16 años, con un rango entre los 18 y 78 años, y una mediana de 37 años, lo que indica una población predominantemente adulta joven. Sin embargo, la edad biológica promedio ascendió a 52.16 ± 12.93 años, con un rango que va desde 34 hasta 80 años y una mediana de 54 años. Respecto al índice de masa corporal (IMC), se obtuvo un promedio de $28.39 \pm 4.56 \text{ kg/m}^2$, con valores extremos de 18.9 a 49.1 kg/m^2 , y una mediana de 28.3 kg/m^2 , lo cual ubica al grupo en el rango de sobrepeso según la OMS. Este valor sugiere una alta prevalencia de exceso de peso, aunque el valor mínimo extremo (18.9 kg/m^2). En cuanto a la composición corporal, el porcentaje promedio de grasa corporal fue de $41.2 \pm 7.83\%$, con una mediana de 42.6%, lo cual excede ampliamente los valores

Tabla 1. Estadísticos descriptivos composición corporal, edad cronológica, biológica e IMC n=387

	Media	D. E.	Mínimo	Mediana	Máximo
Edad cronológica (años)	37,97	11,16	18	37	78
Edad biológica (años)	52,16	12,93	34	54	80
IMC (kg/m ²)	28,39	4,56	18,9	28,3	49,1
% Grasa corporal	41,2	7,83	10,9	42,6	85,5
% Masa muscular	25,13	4,05	16,3	24,3	44,6

considerados normales para mujeres (20–33%), evidenciando adiposidad generalizada. Por su parte, el porcentaje de masa muscular fue de $25.13 \pm 4.05\%$, con una mediana de 24.3%, ubicándose por debajo del umbral óptimo ($>28\%$), lo que podría ser indicativo de sarcopenia funcional o masa muscular subóptima, especialmente en mujeres adultas.

En el grupo JUNTOS, la distribución se concentra mayoritariamente entre el 40% y 50% de grasa corporal, con una frecuencia máxima cercana a 50 participantes en el intervalo modal, lo que indica una prevalencia elevada de adiposidad general. En cambio, el grupo PVL muestra una curva de densidad más achatada y dispersa, con valores que también se

**Figura 1.** Distribución de porcentaje de grasa corporal y porcentaje de masa muscular según programa social n=387

agrupan entre 35% y 50%, pero con una frecuencia modal menor (alrededor de 30 participantes), lo que sugiere mayor heterogeneidad en la composición grasa del grupo. Ambos programas presentan medianas elevadas, cercanas al 41% de grasa corporal, superando el umbral clínico de 33%.

En el grupo JUNTOS, la mayoría de las participantes se concentra entre 20% y 27% de masa muscular, con una moda cercana al 22%, y una distribución con cola derecha (asimetría positiva), lo que indica que una proporción menor alcanza valores superiores a 30%. Por otro lado, el grupo PVL presenta una distribución ligeramente desplazada hacia la derecha, con mayor frecuencia de valores entre 22% y 28%, y una moda en torno al 24%, lo que sugiere una mejor preservación de masa magra en comparación al grupo JUNTOS. Sin embargo, ambos grupos muestran valores globales por debajo de los rangos óptimos de masa muscular para mujeres adultas (usualmente >28–30%).

Se presenta relación positiva significativa entre el índice de masa corporal (IMC) y el porcentaje de grasa corporal en la población estudiada. A medida que el IMC aumenta, también lo hace el porcentaje de grasa, como se observa en la pendiente ascendente de la línea de regresión lineal (en rojo). Esta línea representa la tendencia central de los datos y está acompañada por una banda de confianza (en rosado) que indica el rango de incertidumbre del modelo. La concentración de puntos se sitúa principalmente entre valores de IMC de 24 a 34 kg/m² y grasa corporal de 35% a 50%, lo que sugiere

que la mayoría de las participantes se encuentra en rangos de sobrepeso y obesidad según criterios internacionales. Se observa también una dispersión mayor conforme el IMC se aleja de la media, lo cual indica cierta variabilidad individual en la composición corporal: personas con el mismo IMC pueden presentar distintos niveles de grasa corporal, evidenciando las limitaciones del IMC como único marcador de adiposidad.

La mayoría de los datos se concentran en valores de IMC entre 24 y 34 kg/m², con porcentajes de masa muscular en el rango de 22% a 30%, lo cual refuerza la observación previa de sobrepeso con masa muscular subóptima. Además, se aprecian algunos valores atípicos (outliers), como sujetos con IMC bajo y masa muscular elevada (>35%), que podrían representar individuos físicamente activos, o con características fisiológicas particulares, frente a otros con IMC alto pero porcentajes muy bajos de masa magra (<20%), que podrían estar en riesgo de obesidad sarcopénica.

El análisis estadístico permitió clasificar a las mujeres estudiadas en tres categorías de envejecimiento fisiológico con base en la diferencia entre edad biológica y edad cronológica. Los resultados revelaron que una proporción considerable de participantes, equivalente al 79.6% (n=308), presentó un envejecimiento acelerado, caracterizado por una edad cronológica promedio de 36.6 ± 9.8 años y una edad biológica de 55.0 ± 10.9 años. En este caso, la media representa el valor central observado en el grupo, mientras que la desviación estándar (SD)

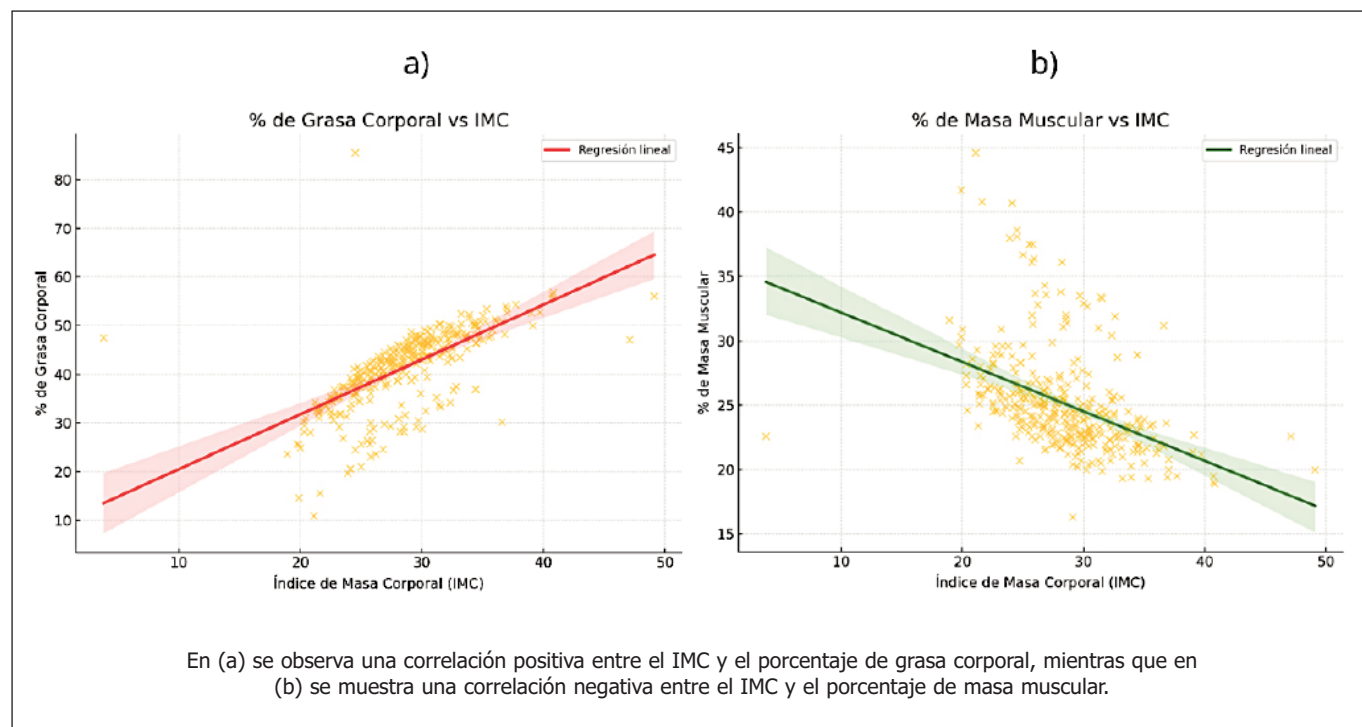


Figura 2. Relación entre el índice de masa corporal (IMC) y los componentes de la composición corporal: porcentaje de Grasa Corporal y porcentaje de Masa Muscular en mujeres beneficiarias de programas sociales en los andes del sur del Perú

Tabla 2. Clasificación del envejecimiento biológico según diferencia con la edad cronológica en mujeres beneficiarias de programas sociales n=387

Clasificación	fi	Fi%	Edad Cronológica Media	Edad Cronológica SD	Edad Biológica Media	Edad Biológica SD	Diferencia Media	Diferencia SD
Acelerado	308	79,6	36,63	9,81	54,99	10,87	18,59	7,58
Esperado	57	14,7	40,82	12,98	42,32	13,55	1,49	3,06
Saludable	22	5,7	49,14	15,88	37,29	16,17	-13,55	10,84

indica la dispersión de los datos con respecto a esa media. Por ejemplo, en este grupo, si bien el promedio de edad cronológica fue 36.6 años, la mayoría de las mujeres se ubicó dentro de un rango de aproximadamente 26.8 a 46.4 años, según la SD de ± 9.8 . De igual manera, la edad biológica de 55.0 ± 10.9 años sugiere que muchas de estas mujeres presentaban una edad funcional entre 44.1 y 65.9 años, lo cual evidencia un grado considerable de deterioro fisiológico y metabólico. En contraste, el grupo con envejecimiento esperado, que representó el 14.7% (n=57) del total, mostró una edad cronológica de 40.8 ± 13.0 años y una edad biológica de 42.3 ± 13.6 años, con una diferencia media marginal de $+1.5 \pm 3.1$ años. En este grupo, los valores medios y su dispersión indican que no existe una discrepancia significativa entre ambas edades, lo cual refleja un curso de envejecimiento fisiológico dentro de parámetros normales. Por su parte, el 5.7% (n=22) de las mujeres presentó un perfil de envejecimiento saludable, donde la edad biológica fue en promedio 13.6 años menor que la cronológica (edad cronológica: 49.1 ± 15.9 años; edad biológica: 37.3 ± 16.2 años). La SD en este grupo fue relativamente alta, lo que indica una mayor variabilidad en los casos, aunque el patrón general refleja un estado fisiológico más joven que el cronológico.

En la tabla 3 se presentan los valores estadísticos del porcentaje de grasa corporal distribuidos según los tres tipos de envejecimiento: saludable, esperado y acelerado. Se observa que el grupo con envejecimiento acelerado presenta los mayores niveles de grasa corporal, con una mediana del 44.5 %

Tabla 3. Porcentaje de Grasa Corporal según Clasificación del Envejecimiento en mujeres beneficiarias de programas sociales en los andes del sur del Perú

Clasificación del Envejecimiento	Mediana (%)	Rango Inter cuartílico (IQR)
Saludable	27,5	23 – 30
Esperado	34,0	31 – 38
Acelerado	44,5	40 – 49

y un rango intercuartílico entre 40 % y 49 %, mientras que el grupo saludable muestra los valores más bajos, con una mediana de 27.5 %. Además, se identifica una mayor presencia de valores atípicos en el grupo acelerado, lo cual evidencia una mayor heterogeneidad en la composición corporal. Estos hallazgos refuerzan la relación entre el exceso de grasa corporal y un envejecimiento biológico más acelerado.

En este contexto se aplicó la prueba Kruskal-Wallis, ya que al evaluar previamente la normalidad (Shapiro-Wilk) y la homogeneidad de varianzas (Levene), al menos uno de los supuestos no se cumplió. Esta prueba no paramétrica es apropiada para comparar tres o más grupos independientes cuando los datos no siguen una distribución normal o presentan varianzas heterogéneas

- **H (estadístico)** = 113.78
- **Valor p** = 1.96×10^{-25} (**p < 0.001**)

El valor p obtenido es extremadamente bajo, lo que indica una **diferencia estadísticamente significativa** en el porcentaje de grasa corporal entre los tres grupos de envejecimiento (saludable, esperado y acelerado). En otras palabras, la probabilidad de que estas diferencias sean producto del azar es prácticamente nula ($p < 0.001$). La asociación entre exceso de tejido adiposo y deterioro fisiológico se confirma estadísticamente, fortaleciendo la hipótesis de que la composición corporal es un determinante crítico del envejecimiento biológico.

La figura presenta una comparación gráfica entre la edad cronológica y la edad biológica promedio de las mujeres evaluadas. Se observa que la edad cronológica media fue de 37.97 años, mientras que la edad biológica alcanzó los 52.16 años, lo que representa un incremento del 37.4% respecto a la edad cronológica.

En este estudio se analizaron las asociaciones entre variables fisiológicas y de composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica en mujeres beneficiarias de programas sociales. La correlación entre edad cronológica y edad biológica fue moderadamente alta ($r = 0.67$), lo que indica que ambas aumentan de forma paralela, aunque con influencia de factores

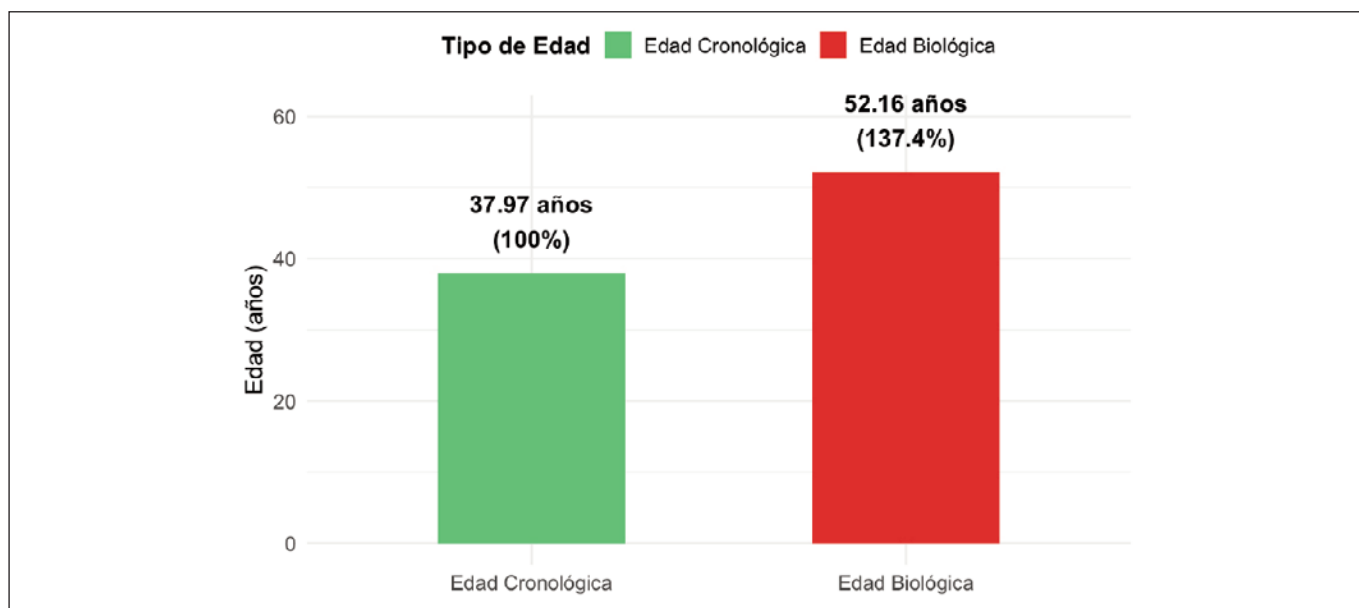


Figura 3. Comparación entre la edad cronológica y edad biológica en mujeres beneficiarias de programas sociales en los andes del sur del Perú

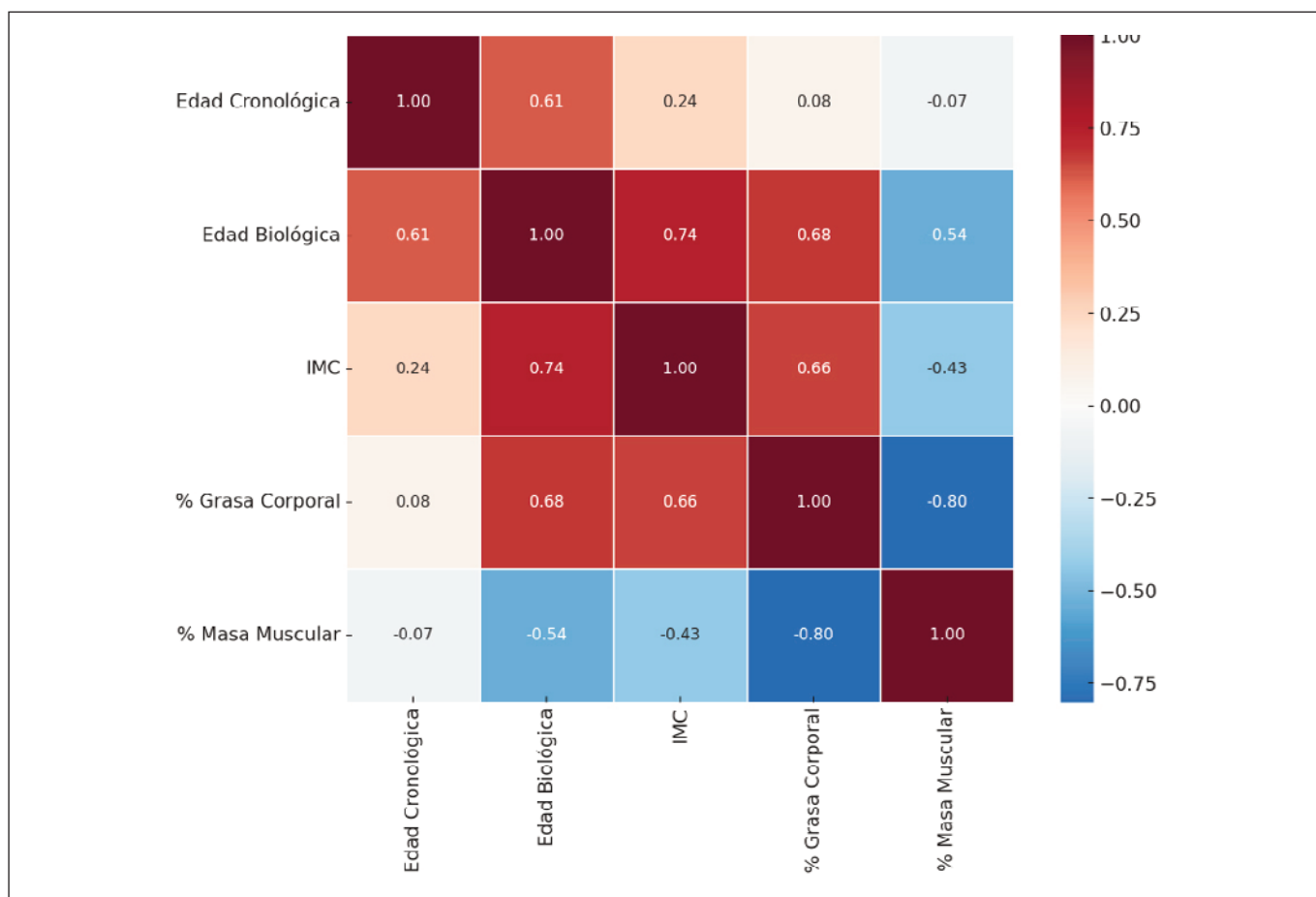


Figura 4. Análisis de Correlaciones entre la composición corporal, índice de masa corporal en mujeres beneficiarias de programas sociales en los andes del sur del Perú

adicionales. Se halló una correlación positiva fuerte entre el IMC y el porcentaje de grasa corporal ($r = 0.70$). Por su parte, el IMC mostró una correlación negativa alta con la masa muscular ($r = -0.66$). La asociación más fuerte se encontró entre el porcentaje de grasa y el porcentaje de masa muscular ($r = -0.88$), reflejando la relación inversa estructural entre ambos componentes corporales. Asimismo, la edad biológica presentó una correlación positiva moderada con el porcentaje de grasa corporal ($r = 0.55$). Finalmente, se evidenció una correlación positiva baja entre edad biológica y presión arterial sistólica ($r = 0.33$), sugiriendo una relación incipiente con rigidez vascular o disfunción endotelial. El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos "Vaso de Leche" y "Juntos" en relación con la edad biológica ($p = 0.010$), el porcentaje de grasa corporal ($p = 0.028$), y el diferencial entre edad biológica y cronológica ($p = 0.005$). Estos resultados sugieren que las mujeres del grupo "Juntos" presentan un envejecimiento biológico más acelerado en comparación con las beneficiarias del programa "Vaso de Leche", así como una mayor adiposidad corporal. Por el contrario, no se observaron diferencias significativas en la edad cronológica, IMC ni en el porcentaje de masa muscular esquelética. Estos hallazgos apuntan a una posible relación entre el tipo de programa social, los determinantes nutricionales y la aceleración del envejecimiento celular en mujeres adultas de zonas altoandinas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio revelan una discrepancia significativa entre la edad cronológica y la edad biológica de las participantes, especialmente en el grupo clasificado como "acelerado"^{7,13,29}. Este fenómeno ha sido descrito previamente por autores como Tyatenkova et al. (2021)³⁰, quienes identificaron que los cambios en la composición corporal, en particular el exceso de grasa visceral y la pérdida de masa muscular, contribuyen a un envejecimiento prematuro, incluso en mujeres jóvenes. En nuestra muestra, el grupo "acelerado" presentó una diferencia media de +18.6 años entre edad biológica y cronológica³¹, reflejando una alta vulnerabilidad metabólica que podría estar vinculada con estilos de vida sedentarios y desequilibrios nutricionales crónicos^{5,32}.

Además, la relación entre el índice de masa corporal (IMC) y la composición corporal precisa es cuestionada por diversas investigaciones^{33,34}. Por ejemplo, Velázquez García et al. (2025)¹¹ y López Ávila et al. (2025)¹⁴ reportaron que el IMC, aunque ampliamente utilizado, no refleja adecuadamente el contenido de masa grasa y muscular, lo que puede llevar a subestimar el riesgo en personas con peso normal pero alto porcentaje de grasa corporal^{35,36}. Esta limitación fue evidente en nuestro estudio, donde muchas mujeres con IMC dentro de rangos normales mostraron perfiles de grasa corporal elevados y edad biológica significativamente incre-

mentada, lo que subraya la necesidad de incorporar métodos como la bioimpedancia eléctrica en la evaluación clínica rutinaria.

La literatura destaca que el sedentarismo y la falta de ejercicio de fuerza son factores determinantes del deterioro fisiológico acelerado³⁷. Foucaut et al. (2019)³⁸ encontraron asociaciones directas entre la inactividad física, el comportamiento sedentario y la disfunción metabólica, mientras que Venegas Ayala et al. (2022)¹² demostraron que el entrenamiento de fuerza isoinercial puede mejorar los marcadores de composición corporal y reducir la edad biológica^{39,40}. En este contexto, nuestros hallazgos respaldan la importancia de políticas de intervención dirigidas al fomento de actividad física estructurada en mujeres en situación de vulnerabilidad, como estrategia clave para ralentizar el envejecimiento biológico y prevenir enfermedades crónicas no transmisibles.

FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Una de las principales fortalezas del estudio fue la colaboración activa y comprometida del equipo profesional involucrado, lo cual garantizó la rigurosidad en la recolección y análisis de datos. Asimismo, la utilización de bioimpedancia eléctrica permitió estimaciones más precisas de la composición corporal, superando las limitaciones del IMC convencional. Sin embargo, entre las limitaciones se encuentra el diseño transversal, que impide establecer causalidad, y la limitada representatividad poblacional al centrarse exclusivamente en mujeres beneficiarias de programas sociales de una sola provincia andina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio evidenció que una proporción significativa de mujeres beneficiarias de programas sociales en la región altoandina presenta un envejecimiento biológico acelerado, el cual se encuentra estrechamente asociado a un elevado porcentaje de grasa corporal y una masa muscular reducida, factores que no son detectados adecuadamente mediante el IMC tradicional. Este hallazgo subraya la necesidad de incorporar evaluaciones de composición corporal en los tamizajes de salud comunitarios. Se recomienda implementar intervenciones focalizadas que no solo promuevan la reducción del peso corporal, sino que estén orientadas a mejorar la calidad de la masa corporal, especialmente mediante estrategias de alimentación adecuada, actividad física regular y educación nutricional. Asimismo, futuras investigaciones deberían considerar diseños longitudinales que permitan evaluar el impacto de dichas intervenciones sobre el envejecimiento biológico a largo plazo en poblaciones vulnerables.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los directivos del Centro de Salud San Jerónimo, Andahuaylas a los profesionales del servicio de nutrición Nelida Coaquira Turpo y Naldy B.Mamani Coa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fisher TA, Fisher TA, Bobreshova SS, et al. Assessment of biological age and body composition in people involved in hardening. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* [homepage on the Internet] 2022; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35700374>
2. Tyatenkova NN, Uvarova YE, Bragina AM. BODY COMPOSITION IN PERSONS OF THE FIRST PERIOD OF ADULTHOOD WITH DIFFERENT AGING RATES. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture* 2022;14(1):198–216.
3. Lebedowska A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. How reliable is BMI? Bioimpedance analysis of body composition in underweight, normal weight, overweight, and obese women. *Ir J Med Sci* 2021;190(3):993–998.
4. Overweight and Obesity - Obesity and Women's Health | NHLBI, NIH [Homepage on the Internet]. [cited 2025 Jul 6]; Available from: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/overweight-and-obesity/women>
5. Mihajlova S V, Khrycheva T V. Interrelationship of Component Composition of the Body with Biological Age According to the "Bio-Age" Scale. *Физиология человека* [homepage on the Internet] 2024; Available from: <https://doi.org/10.31857/s0131164624010106>
6. Kishman EE, Kishman EE, Breneman CB, et al. Associations between sleep and body composition in older women and the potential role of physical function. *Sleep Biol Rhythms* [homepage on the Internet] 2022; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37193097>
7. West J, West J, Romu T, et al. Precision of MRI-based body composition measurements of postmenopausal women. *PLoS One* [homepage on the Internet] 2018; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29415060>
8. Nava-González EJ, Nava-Gonzalez EJ, Cerda-Flores RM, et al. Densidad mineral ósea y su asociación con la composición corporal y biomarcadores metabólicos del eje insulino-glucosa, hueso y tejido adiposo en mujeres. *Gac Med Mex* [homepage on the Internet] 2015; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26581531>
9. Bae CY, Bae C-Y, Bae CY, et al. A model for estimating body shape biological age based on clinical parameters associated with body composition. *Clin Interv Aging* [homepage on the Internet] 2012; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23293513>
10. Staatz CB, Staatz CB, Hardy R, Hardy R. Number of children and body composition in later life among men and women: Results from a British birth cohort study. *bioRxiv* [homepage on the Internet] 2018; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31141503>
11. García BLV, Vargas FEH, Loyo CER, Celedonio FGM. Comparación y correlación del índice de masa corporal y bioimpedancia en mujeres adultas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [homepage on the Internet] 2025; Available from: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16237
12. Ayala JV, Ayala JV, Yáñez C, Yáñez C. Entrenamiento de fuerza isoinercial sobre el índice de masa corporal, grasa visceral y masa magra en mujeres adultas mayores. *Germina* [homepage on the Internet] 2022; Available from: <https://doi.org/10.52948/germina.v4i4.500>
13. Balogun S, Balogun S, Aitken D, et al. Linear and Nonlinear Associations Between Physical Activity, Body Composition, and Multimorbidity Over 10 Years Among Community-Dwelling Older Adults. *Journals of Gerontology Series A-biological Sciences and Medical Sciences* [homepage on the Internet] 2021; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33780541>
14. Avila KYL, Guzmán-Saldaña RME, Arrieta-Villarreal JL, Platas-Acevedo S. Autopercepción del Índice de Masa Corporal y Satisfacción con la Imagen Corporal en Hombres y Mujeres Estudiantes de Secundaria. *Revista Veritas de Difusão Científica* [homepage on the Internet] 2025; Available from: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.528>
15. Lebedowska A, Lebedowska A, Hartman-Petrycka M, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B, Błońska-Fajfrowska B. How reliable is BMI? Bioimpedance analysis of body composition in underweight, normal weight, overweight, and obese women. *Ir J Med Sci* [homepage on the Internet] 2020; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33083960>
16. Sanchez-Samaniego G, Mäusezahl D, Carcamo C, Probst-Hensch N, Verastegui H, Hartinger SM. Metabolic syndrome in rural Peruvian adults living at high altitudes using different cookstoves. *PLoS One* 2022;17(2 February).
17. Romaní F, Ramírez L, Grandez JDP, et al. Concordancia entre cinco criterios de síndrome metabólico en adolescentes de una zona altoandina del Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2023;
18. Mikkola TM, Mikkola TM, Salonen MK, et al. Associations of Fat and Lean Body Mass with Circulating Amino Acids in Older Men and Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* [homepage on the Internet] 2020; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31095700>
19. K.Dadabaeva R, A.Abduganieva E, O.Djusupov K, Kalkan I, F.Eshmatov O. Comparative Characteristics of Body Composition In Obesity Phenotypes. *Texas Journal of Medical Science* [homepage on the Internet] 2025; Available from: <https://doi.org/10.62480/tjms.2025.vol42.pp29-35>
20. Abu Salma BM, Thekrallah F, Qatawneh A, Hasan H, Shawaqfeh S, Altarawneh M. Effect of intermittent fasting on improve body composition and anthropometric measurements of women with polycystic ovarian syndrome. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024;44(2):122–129.
21. Albornoz Pinedo AM, Palomino Quispe LP. Comparative study of the nutritional quality of ultra-processed foods according to two nutrient profile models. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024;44(2):307–314.
22. Petri C, Campa F, Holway F, Pengue L, Arrones LS. ISAK-Based Anthropometric Standards for Elite Male and Female Soccer Players. *Sports* 2024;12(3).
23. Esenarro LA, Contreras M, Juan Del Canto R, Walter Vilchez D, Lima D. GUÍA TÉCNICA PARA LA VALORACIÓN NUTRICIONAL

- ANTROPOMÉTRICA DE LA PERSONA ADULTA. Instituto Nacional de Salud - Peru 2012;
24. Manuel Moreno DG. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA OBESIDAD DEFINITION AND CLASSIFICATION OF OBESITY. *REV MED CLIN CONDES* 2012;23(2):124–128.
 25. BOIX E, PICÓ AM. Funciones endocrinas y envejecimiento. *Endocrinología y Nutrición* [homepage on the Internet] 2000; 47(4):113–121. Available from: <https://www.elsevier.es/es>
 26. Guerra Valencia J, Castillo-Paredes A, Morán-Quiñones E, Quiroz Cornejo K V. Association between metabolic syndrome and daily total energy expenditure in adults: A cross-sectional analysis of Peruvian dwellers. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024; 44(2):227–238.
 27. Oliveira Tomiya MT, Chagas CL, Lacerda Cervantes De Carvalho AC, et al. Association between food consumption and the nutritional status of patients with hepatic disorders. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024;44(1):31–38.
 28. ARBOR Ciencia P y C. DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura* 2008;(349–352).
 29. Komada Y. Sleep and body composition, physical function in older women. *Sleep Biol Rhythms* [homepage on the Internet] 2023; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38469286>
 30. Tyatenkova NN, Tyatenkova NN, Krupkina AM, Krupkina AM, Uvarova YE, Uvarova YE. BODY COMPOSITION OF YOUNG WOMEN WITH DIFFERENT AGING RATES. *Modern Problems of Science and Education* [homepage on the Internet] 2021; Available from: <https://doi.org/10.17513/spno.30681>
 31. Podstawski R, Omelan A, Boryśłowski K, Wąsik J. Relationships between anthropometric and body composition characteristics and age in Polish women over 60 as affected by their socioeconomic and health status and physical activity levels. *Front Physiol* 2023;14.
 32. Bondareva EA, Parfenteva OI, Troshina EA, et al. Agreement between bioimpedance analysis and ultrasound scanning in body composition assessment. *American Journal of Human Biology* 2024;36(4).
 33. Pisaruk A, Grygorieva N V, Dubetska H, Koshel NM, Shatylo V. Method for assessment of the biological age of the musculoskeletal system. Issue 2 2023 [homepage on the Internet] 2023; Available from: <https://doi.org/10.47855/jal9020-2023-2-1>
 34. Shaffer NC, Shaffer NC, Simonsick EM, et al. The Roles of Body Composition and Specific Strength in the Relationship Between Race and Physical Performance in Older Adults. *Journals of Gerontology Series A-biological Sciences and Medical Sciences* [homepage on the Internet] 2020; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31825084>
 35. O'Connor KG, O'Connor KG, Tobin JD, et al. Serum Levels of Insulin-like Growth Factor-I Are Related to Age and Not to Body Composition in Healthy Women and Men. *Journals of Gerontology Series A-biological Sciences and Medical Sciences* [homepage on the Internet] 1998; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9597048>
 36. Correa-Rodríguez M, Correa-Rodríguez M, Mansouri-Yachou J El, et al. The Association of Body Mass Index and Body Composition with Pain, Disease Activity, Fatigue, Sleep and Anxiety in Women with Fibromyalgia. *Nutrients* [homepage on the Internet] 2019; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31137906>
 37. Brown PJ, Brown PJ, Wall MM, et al. Biological Age, Not Chronological Age, Is Associated with Late-Life Depression. *Journals of Gerontology Series A-biological Sciences and Medical Sciences* [homepage on the Internet] 2018; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28958059>
 38. Foucaut A-M, Foucaut A-M, Faure C, et al. Sedentary behavior, physical inactivity and body composition in relation to idiopathic infertility among men and women. *bioRxiv* [homepage on the Internet] 2019; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31017887>
 39. Kim B-J, Kim B-J, Kim KW, Kim KW, Ko Y, Ko Y. PSUN12 Change of Computed Tomography-Based Body Composition After Adrenalectomy in Patients with Pheochromocytoma: Importance of Sympathetic Activity on Human Fat Metabolism. *J Endocr Soc* [homepage on the Internet] 2022; Available from: <https://doi.org/10.1210/jendso/bvac150.246>
 40. Тятенкова НН, Tyatenkova NN, Uvarova YE, Uvarova IE, Bragina AM, Bragina AM. BODY COMPOSITION IN PERSONS OF THE FIRST PERIOD OF ADULTHOOD WITH DIFFERENT AGING RATES. *Siberian journal of life sciences and agriculture* [homepage on the Internet] 2022; Available from: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-1-198-216>

Efecto protector del zumo de hojas de *Spinacia oleracea* (espinaca) frente a un cuadro de hipersecreción gástrica en ratas

Protective effect of *Spinacia oleracea* (spinach) leaf juice against gastric hypersecretion in rats

Frank Brandon SAMANIEGO TIAHUALLPA¹, Grace Yanella CABREJOS SILVA², José Manuel HUAMÁN GUTIÉRREZ³, Marita LOZANO CUEVA⁴, Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ⁵

1 Escuela Profesional de Nutrición - Facultad de Medicina – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

2 Escuela de Enfermería - Universidad Peruana los Andes. Maestría en Gestión de los Servicios de la Salud - Universidad Cesar Vallejo.

3 Departamento de Estadística – Facultad de Ciencias Matemática - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4 Departamento Académico de Nutrición - Facultad de Medicina – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

5 Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición – Facultad de Medicina - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 1/julio/2025. Aceptado: 14/septiembre/2025.

RESUMEN

Introducción: las gastritis y/o ulcera en los últimos años se ha vuelto muy común en nuestro medio, esto se relaciona a desordenes en la alimentación y a la infección de *Helicobacter pylori*. En los últimos años se esta evaluación las propiedades cicatrizantes de varios alimentos los cuales están relacionado a los fitonutrientes que contienen.

Objetivos: Evaluar el efecto del zumo de hojas de *Spinacia oleracea* "espinaca" frente a la inducción de hipersecreción gástrica en ratas.

Materiales y métodos: Estudio de tipo experimental. El zumo de hojas de espinaca se obtuvo mediante un extractor casero. Se emplearon 42 ratas (n=7) distribuidas de forma aleatoria en seis grupos, cada grupo recibió los siguientes tratamientos vía peroral: grupos I y II suero fisiológico 10 mL/kg, grupo III ranitidina 50 mg/kg, grupos IV-V-VI zumo de hojas de espinaca de 2; 5 y 10 mL/kg de peso, respectivamente. Transcurrida una hora fueron anestesiados y se ligó píloro; una hora después se administró vía subcutánea histamina (50 mg/kg) a los grupos II–VI. Pa-

sado tres horas, se les anestesió, para extraer el estómago y su contenido.

Resultados: El tratamiento con zumo de espinaca, a dosis de 5 mL/kg (grupo V), evidenció un menor volumen de la secreción gástrica (38,1 %), menor acidez total (38,1 %), menor actividad péptica (30,9 %) y un incremento de pH (29,7 %), mostrando diferencia significativa ($p<0,05$) con el grupo II. A nivel de la mucosa gástrica en el grupo V, se observó un incremento significativo del moco gástrico (81,1 %), la lipoperoxidación disminuyó de manera significativa en los grupos V (39,5 %) y VI (36,9 %). Adicionalmente, el análisis histológico reveló una preservación de la mucosa, sin daño mucinoso, en los grupos que recibieron en los grupos IV y V.

Conclusión: El zumo de hojas de *Spinacia oleracea* "espinaca" ejerció un efecto protector frente a la secreción gástrica inducido por histamina, en ratas.

PALABRAS CLAVES

Espinaca, *Spinacia oleracea*, histamina, úlcera péptica.

ABSTRACT

Introduction: Gastritis and/or ulcers gastricts have become very common in our environment in recent years, which is related to eating disorders and *Helicobacter pylori* infection. In recent years, the healing properties of various foods have

Correspondencia:
Frank Samaniego Tiahualpa
frank.piscis8@gmail.com.pe

been evaluated, which are related to the phytonutrients they contain.

Objectives: To evaluate the effect of the juice of *Spinacia oleracea* "spinach" leaves against the induction of gastric hypersecretion in rats.

Materials and methods: This was an experimental study. The spinach leaf juice was obtained using a household extractor. Forty-two rats ($n=7$) were randomly distributed into six groups, and each group received the following treatments perorally: groups I and II, physiological saline solution 10 mL/kg; group III, ranitidine 50 mg/kg; groups IV-V-VI, spinach leaf juice at 2, 5, and 10 mL/kg of weight, respectively. After one hour, they were anesthetized, and the pylorus was ligated; one hour later, histamine (50 mg/kg) was administered subcutaneously to groups II-VI. After three hours, they were anesthetized to extract the stomach and its contents.

Results: Treatment with spinach juice at a dose of 5 mL/kg (group V) showed a lower volume of gastric secretion (38.1%), lower total acidity (38.1%), lower peptic activity (30.9%) and an increase in pH (29.7%), showing a significant difference ($p<0.05$) with group II. At the level of the gastric mucosa in group V, a significant increase in gastric mucus was observed (81.1%), lipid peroxidation decreased significantly in groups V (39.5%) and VI (36.9%). Additionally, histological analysis revealed a preservation of the mucosa, without mucinous damage, in the groups that received groups IV and V.

Conclusion: The juice of *Spinacia oleracea* "spinach" leaves exerted a protective effect against histamine-induced gastric secretion in rats.

KEY WORDS

Spinach, *Spinacia oleracea*, histamine, peptic ulcer.

ABREVIATURAS

AINE: Antiinflamatorio no esteroideo.

IBP: Inhibidores de la bomba de protones.

GSH: Glutathion reducido.

MDA: Malonaldehído.

NF- κ B: factor nuclear kappa B.

MAPK: proteína quinasa activada por mitógenos.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades gástricas, como la gastritis y úlceras pépticas, representan un problema significativo de salud pública a nivel mundial. Estas afecciones surgen debido a un de-

sequilibrio entre los factores protectores y agresores de la mucosa gástrica, lo que provoca daños que, en casos severos, pueden tener repercusiones nutricionales y sistémicas^{1,2}. Factores como la infección por *Helicobacter pylori*, el consumo de antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), el estrés y el estilo de vida contemporáneo aumentan el riesgo de estas patologías^{3,4}.

En el tratamiento clínico de las úlceras gástricas, la inhibición sostenida de la secreción ácida mediante fármacos como los inhibidores de la bomba de protones (IBP) y los bloqueadores ácidos competitivos de potasio como el vonoprazan, ha demostrado ser eficaz para reducir la sintomatología y promover la cicatrización. Sin embargo, el uso prolongado de estos fármacos se asocia a efectos adversos y costos elevados, lo que ha incentivado la investigación en alternativas naturales con mecanismos de acción similares^{4,5}.

Aunque los tratamientos farmacológicos, como los inhibidores de la bomba de protones y los antagonistas de receptores H_2 son efectivos, sin embargo, presentan limitaciones relacionadas con efectos secundarios y altos costos. En este contexto, la búsqueda de alternativas naturales, como alimentos funcionales con propiedades terapéuticas, ha ganado atención debido a su potencial para prevenir y tratar enfermedades gástricas de manera económica y segura^{4,5}.

La *Spinacia oleracea*, comúnmente conocida como espinaca, es un vegetal rico en compuestos bioactivos como flavonoides, carotenoides, vitaminas y minerales⁶. Estudios previos han demostrado que la espinaca posee propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cicatrizantes^{7,8}. lo que la posiciona como un candidato prometedor para proteger la mucosa gástrica frente a agentes dañinos como el ácido gástrico y los radicales libres, debido al contenido de polifenoles que modulan NF- κ B y reducen especies reactivas de oxígeno^{1,9}.

A nivel experimental se ha evaluado la gastroprotección empleando diversas técnicas, entre ellas la hipersecreción gástrica inducida por histamina y la técnica de ligadura pilórica, estos modelos ampliamente utilizados para estudiar la efectividad de agentes gastroprotectores permiten evaluar marcadores bioquímicos, como el glutatión reducido y la lipoperoxidación, junto con indicadores fisiológicos y cambios histopatológicos, proporcionando una visión integral de los efectos protectores de un tratamiento¹⁰.

OBJETIVO

Evaluar el efecto gastroprotector del zumo de hojas de *Spinacia oleracea* frente a la hipersecreción inducida por histamina en ratas. Para ello, se analizaron marcadores bioquímicos y fisiológicos, como la producción de moco gástrico, la actividad péptica y el nivel de pH, así como cambios histológicos en la mucosa gástrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental, prospectivo y analítico en un modelo animal.

Se utilizó 42 ratas albinas Holtzman machos adultas, de dos meses de edad, cuyos pesos estaban comprendidos entre 220 ± 10 g, los animales fueron distribuidos de forma aleatoria en 6 ($n=7$). El tamaño muestral se determinó basándose en estudios previos con modelos similares de inducción de daño gástrico, para garantizar un poder estadístico suficiente para detectar diferencias significativas¹¹.

Las hojas de espinaca fueron recolectadas en el "Mercado de Productores" del distrito de Santa Anita (ciudad de Lima), procedente de provincia de Tarma, Junín-Perú. Las hojas de color verdes oscuro, sin pardeamiento fueron seleccionadas, luego lavadas y desinfectadas. El zumo de hojas *Spinacia oleracea* "espinaca" se obtuvo cada día que duró el tratamiento, mediante un extractor casero.

Para la **evaluación del efecto antisecretor** las ratas tuvieron un periodo de adaptación de tres días, recibieron alimentación equilibrada; que fue adquirida en el Centro de Producción de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y agua *ad libitum*; y una temperatura ambiental entre 20 a 21°C, con 12 horas de luz y oscuridad.

Los animales mantuvieron en ayuno de 18 horas y luego se les administró, vía orogástrica, los siguientes tratamientos:

Grupo I: suero fisiológico de 10 mL/kg,

Grupo II: suero fisiológico de 10 mL/kg,

Grupo III: ranitidina de 50 mg/kg,

Grupo IV: zumo de hojas de *Spinacia oleracea* "espinaca" de 2 mL/kg,

Grupo V: zumo de hojas de *Spinacia oleracea* "espinaca" de 5 mL/kg,

Grupo VI: zumo de hojas de *Spinacia oleracea* "espinaca" de 10 mL/kg.

Una hora después de la administración de los tratamientos, los animales fueron anestesiados para realizar la ligadura del píloro. Una hora después de la cirugía, se administró histamina (50 mg/kg, vía subcutánea) a los grupos II al VI para inducir la hipersecreción gástrica. Cuatro horas después de la intervención quirúrgica, los animales fueron anestesiados nuevamente para la extracción del estómago. Durante el ensayo experimental, no se presentaron mortalidad imprevista.

El contenido gástrico fue recolectado en frascos taparrosca y mantenido a una temperatura de 4°C hasta el análisis respectivo.

El interior del estómago fue expuesto, cortando la curvatura mayor y lavado en suero fisiológico; para después, aislar

una parte glandular del estómago, del cual se tomó la mitad cercana al píloro para los análisis bioquímicos, mientras que la otra parte homóloga fue destinada para el análisis histopatológico. El procedimiento y la manipulación del tejido se realizó a una temperatura de 4°C con la finalidad de conservar el tejido.

Para la **determinación de moco gástrico** se empleó el método modificado por Corner, 1974¹². basado en la tinción con Alcian Blue y posterior cuantificación espectrofotométrica a 598 nm.

Se preparó el **homogenizado del tejido glandular gástrico**, para ellos se utilizó 200 mg de tejido glandular y se homogenizó con 2,5 mL de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 0,02 mol/L) helado (4°C).

El **jugo gástrico** fue recolectado y conservado en un ambiente a 4°C, luego fue centrifugado a 3000 rpm; el sobrenadante del jugo gástrico fue conservado a 4°C.

La **determinación de GSH y GSH total**, evaluó la técnica de Sedlak y Lindsay, 1968¹². Basado en la reacción del GSH, presente en el homogenizado, con el 5,5'-dithio-bis (2-nitrobenzoico ácido)3-carboxyl-4-nitrophenil disulfide (DTNB).

La **determinación de la lipoperoxidación** se evaluó según el método de Buege y Aust (1978)¹³, basado en la reacción del malondialdehído (MDA) con ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). Los resultados se expresaron como nmol de MDA por gramo de tejido. Para el análisis se utilizó el homogenizado.

Para la **determinación de la actividad péptica** se utilizó el método modificado de Anson, 1938¹⁴. El cual se basa en la capacidad de hidrólisis de la pepsina presente en el jugo gástrico sobre un sustrato proteico (albúmina) y su posterior reacción con el reactivo de Folin ciocalteu.

La **determinación de la acidez total** se determinó en el sobrenadante del jugo gástrico, se extrajo 0,1 mL y se mezcló por rotación con 5 mL de agua destilada, luego se agregó II gotas de fenoltaleína y se procedió a titular con NaOH 0,01N con una pipeta de 1 mL ($\pm 0,01$ mL). Estos resultados se expresaron en mEq-H⁺/mL/4 horas.

La **determinación de pH del jugo gástrico se realizó** mediante un potenciómetro de la marca TKR pH METER. Se colocó en un tubo de ensayo 0,1 mL del sobrenadante de jugo gástrico, se agregó 9,9 mL de agua destilada, agitó vigorosamente y dejó reposar por 10 min. Se midió el pH con el potenciómetro y se restó dos unidades a la lectura del equipo por la dilución realizada.

Para el **análisis histológico** se procesó 42 tejidos gástricos mediante la técnica de tinción hematoxilina-eosina en el Instituto de Patología de la UNMSM. Las láminas fueron analizadas por un médico especialista en anatomía patológica

mediante un procedimiento *a ciego* (el patólogo desconocía a qué grupo correspondían las muestras histológicas). Para la lectura de las láminas, se escogieron aleatoriamente cuatro muestras por grupo, considerando los siguientes aspectos inflamatorios: el tipo de inflamación, células inflamatorias presentes, densidad inflamatoria, localización de la inflamación y daño mucinoso.

El **análisis de los datos** se realizó mediante la normalidad de los datos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk. Se aplicó ANOVA para los indicadores de volumen de jugo gástrico, acidez total, actividad péptica total, glutatión reducido y glutatión total, que presentaron una distribución simétrica y luego el estadístico de Tukey, con un *p* valor 0,05. Los indicadores de niveles de pH, lipoperoxidación, relación de glutatión reducido-oxidado y producción de moco gástrico, presentaron una distribución asimétrica se aplicó la prueba de Kruskal Wallis y luego el estadístico *post hoc* U de Mann Whitney, con un *p* valor de 0,05. El procesamiento de los datos se realizó en el paquete estadístico SPSS 25.

El presente estudio cumplió el aspecto ético para las investigaciones en animales de experimentación, según la norma de ética de experimentación animal de la Ley Peruana N°30407 "Ley de Protección y bienestar animal". Asimismo, los animales de experimentación fueron manejados de acuerdo con las normas éticas de experimentación animal y respetando las 3 R propuestas por Russel y Burch (Reducir, Refinar y Reemplazar).

RESULTADOS

El estudio evaluó el efecto gastroprotector del zumo de hojas de *Spinacia oleracea* frente a la hipersecreción inducida por histamina en ratas.

El grupo V (5 mL/kg) mostró un incremento significativo ($p < 0,05$) de los niveles de glutatión reducido (GSH) en un 52,6 % ($11,9 \pm 3,9$ mg/g), así como en la producción de moco gástrico en un 81,1 % ($212,2$ µg/g/mL). Además, se observó una reducción significativa de la lipoperoxidación en los grupos V (39,5 %) y VI (36,9 %) (Tabla 1).

En los grupos que recibieron el zumo de espinaca el nivel del volumen del jugo gástrico se presentó menores niveles en los grupos V ($p < 0,05$) y VI, un incremento de pH en los tres grupos, siendo significativo solo en el grupo V. El nivel de actividad péptica en el grupo V se redujo en una tercera parte su actividad. Respecto a la acidez total se observó una disminución en los grupos V y VI, siendo significativo en el grupo V (Tabla 2).

Análisis histológico: El análisis histológico mostró que en los grupos tratados con zumo de *Spinacia oleracea*, particularmente con dosis de 5 mL/kg y 10 mL/kg, la inflamación fue crónica leve y profunda, con presencia predominante de linfocitos, presentando una preservación notable de la integridad de la mucosa gástrica y una menor densidad inflamatoria, además, no se observó daño mucinoso en la mayoría de las muestras de estos grupos. En el grupo tratado con 2 mL/kg de espinaca, se evidenció una inflamación crónica leve superficial y en algunas muestras se observó daño mucinoso leve. Los análisis histológicos confirmaron que, aunque los diferentes tratamientos con espinaca mostraron variaciones en la intensidad de la inflamación, todos presentaron una mejora en comparación con el grupo II que recibió únicamente histamina, donde la inflamación fue más marcada y acompañada de daño mucinoso evidente (Figura 1).

Tabla 1. Indicadores bioquímicos en el tejido gástrico de ratas tratadas con zumo de *Spinacia oleracea*

Grupos: tratamiento	GSH reducido*	GSH total*	GSH/GSSG**	Lipoperoxidación**	Moco gástrico**
	mg/g (% de incremento)	mg/g (% de incremento)		µM/g (% de inhibición)	µg/g/mL (% de incremento)
Grupo I: suero fisiológico	$14,7 \pm 3,9^{(a)}$	$19,0 \pm 5,1$	$3,8^{(b)}$	$19,2^{(b)}$	$253,1^{(b)}$
Grupo II: suero fisiológico	$7,8 \pm 3,2$	$14,8 \pm 3,2$	0,8	26,0	117,2
Grupo III: ranitidina	$14,7 \pm 2,9^{(a)}$ (89)	$23,6 \pm 3,9$ (61)	1,9	10,5 (60)	299,5 (156)
Grupo IV: ZE 2 mL/kg	$8,9 \pm 1,9$ (14)	$15,3 \pm 3,2$ (3)	1,3	17,8 (32)	166,9 (42)
Grupo V: ZE 5 mL/kg	$11,9 \pm 3,9^{(a)}$ (53)	$19,3 \pm 6,7$ (30)	1,5	$15,8^{(b)}$ (40)	$212,2^{(b)}$ (81)
Grupo VI: ZE 10 mL/kg	$11,5 \pm 2$ (47)	$19,9 \pm 3,9$ (34)	1,45	$16,4^{(b)}$ (37)	173,4 (48)

ZE: Zumo de espinaca. * Shapiro Will $p > 0,05$ MEDIA $\pm$ DE. ANOVA – post hoc (a) $p < 0,05$ comparado con el grupo II. ** Shapiro Will $p < 0,05$ MEDIANA. Kruskal-Wallis (b) $p < 0,05$ comparado con el grupo II.

Tabla 2. Indicadores en la secreción gástrica de ratas tratadas con zumo de *Spinacia oleracea*

Grupos: tratamiento	Volumen jugo gástrico*	pH	Acidez total	Actividad péptica total
	mL/4h (% de inhibición)	Nivel (% de incremento)	eq-g/[H ⁺] (% de inhibición)	mg/4h (% de inhibición)
Grupo I: suero fisiológico	8,1 ± 1,7	1,36	0,84 ± 0,2	27,1 ± 10,5
Grupo II: suero fisiológico	9,8 ± 2,0	1,18	1,2 ± 0,4	28,5 ± 3,9
Grupo III: ranitidina	5,5 ± 2,0 (43,5)	2,0 (69,5)	0,3 ± 0,1 (74,1)	22,1 ± 11,1 (22,6)
Grupo IV: ZE 2 mL/kg	10,1 ± 2,3 (-3,1)	1,24 (5,1)	1,34 ± 0,3 (-17,3)	30,7 ± 6,6 (-7,4)
Grupo V: ZE 5 mL/kg	6,0 ± 1,7 ^(a) (38,1)	1,53 ^(b) (29,1)	0,7 ± 0,3 ^(a) (38,1)	19,7 ± 3,8 ^(a) (30,9)
Grupo VI: ZE 10 mL/kg	7,6 ± 1,7 (22,3)	1,31 (11)	1,0 ± 0,2 (14,8)	25,8 ± 4,0 (9,5)

* Shapiro Will $p > 0,05$ MEDIA ± DE. ANOVA – post hoc (a) $P < 0,05$ comparado con el grupo II. ** Shapiro Will $p < 0,05$ MEDIANA. Kruskal-Wallis (b) $p < 0,05$ comparado con el grupo II.

DISCUSIÓN

El presente estudio evidenció que el zumo de *Spinacia oleracea* tiene efectos significativos en la reducción de la inflamación gástrica inducida por histamina en ratas. Los hallazgos histológicos demostraron que las dosis de 5 mL/kg y 10 mL/kg preservaron la integridad de la mucosa gástrica, redujeron la densidad inflamatoria y no mostraron daño mucinoso, mientras que la dosis de 2 mL/kg presentó efectos más limitados, con inflamación leve superficial y daño mucinoso en algunas muestras.

Los resultados coinciden con investigaciones previas que destacan las propiedades antioxidantes de los compuestos bioactivos presentes en la espinaca, como flavonoides y carotenoides¹⁵, que promueven la citoprotección¹⁶ y la regeneración celular¹⁷. Además, los polifenoles demostraron eficacia en la inhibición de radicales libres¹⁸ y la modulación de citoquinas inflamatorias¹⁹, lo que contribuye a la mejora observada en los grupos tratados.

Se identificaron diferencias en la respuesta a las dosis administradas, lo que podría estar relacionado con efectos bifásicos de ciertos antioxidantes, como se ha reportado en otros estudios^{20,21}. Este fenómeno sugiere que concentraciones excesivas podrían alterar el equilibrio ácido-base, generando un entorno prooxidante. La dosis de 10 mL/kg podría haber alcanzado este límite en algunos parámetros.

En comparación con el tratamiento estándar de ranitidina, los efectos del zumo de espinaca mostraron ventajas adicionales en indicadores de estrés oxidativo, como la reducción de la lipoperoxidación y el aumento de glutatión reducido. Esto refuerza la hipótesis de que los tratamientos naturales pueden ofrecer beneficios complementarios a los

farmacológicos, particularmente en la modulación de mecanismos antioxidantes^{8,9,22-24}.

Los compuestos bioactivos de la espinaca, especialmente los monoterpenos y polifenoles, podrían inhibir la peroxidación lipídica^{23,25} y regular la síntesis de óxido nítrico²⁶ y prostaglandinas²⁷ mecanismos clave para la protección gástrica. Estudios previos han demostrado que estos compuestos pueden disminuir la actividad inflamatoria mediante la regulación de vías como factor nuclear kappa B (NF-κB) y proteína quinasa activada por mitógenos (MAPK), lo que es congruente con los resultados obtenidos en este trabajo²⁴.

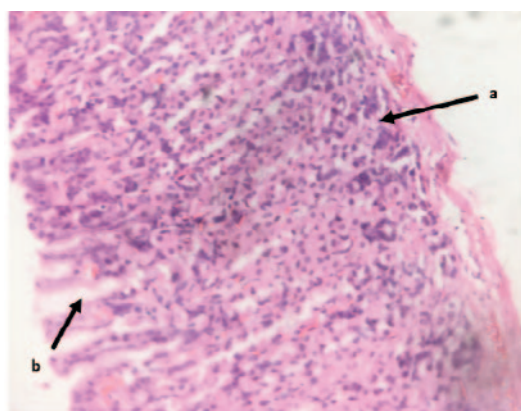
Aunque los hallazgos son prometedores, es importante señalar que este estudio se realizó en un modelo animal, lo que limita la extrapolación directa a humanos. Futuros ensayos clínicos deberán evaluar la eficacia y seguridad del zumo de espinaca en pacientes humanos y explorar el potencial terapéutico de sus compuestos bioactivos en el tratamiento de enfermedades gástricas.

CONCLUSIONES

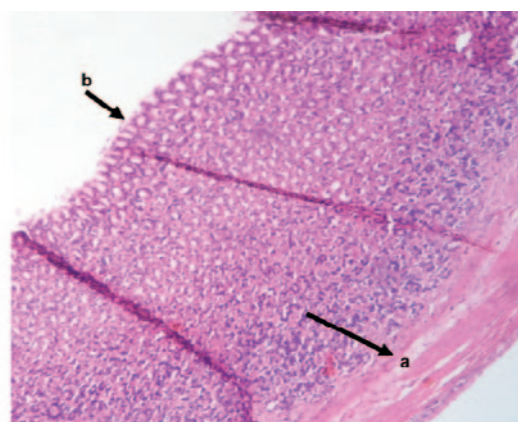
El zumo de *Spinacia oleracea* mostró efectos gastroprotectores significativos en este modelo experimental, destacándose como una opción terapéutica potencial para la prevención y tratamiento de la inflamación gástrica. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para confirmar estos efectos en contextos clínicos y avanzar hacia su aplicación práctica.

AGRADECIMIENTOS

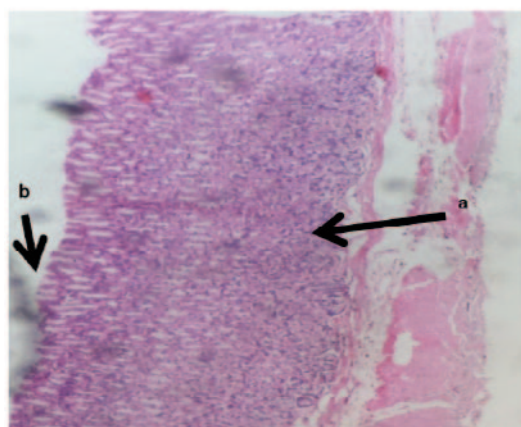
Agradecemos al Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por



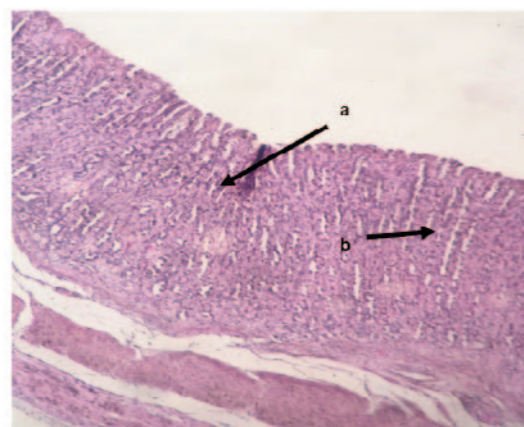
Microfotografía 1 (grupo I): (a) presencia de gastritis crónica leve inactiva profunda en la mucosa gástrica. (b) y sin daño mucinoso. HE 40x.



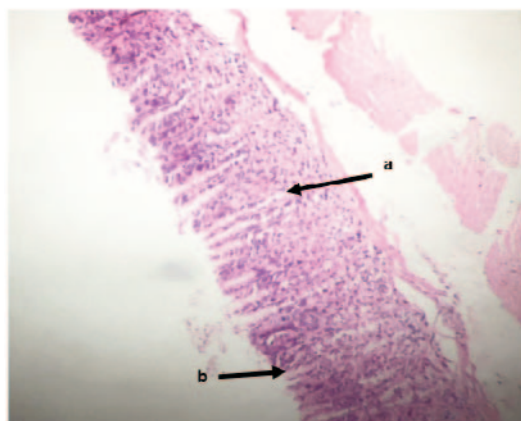
Microfotografía 2 (grupo II): (a) presencia de gastritis crónica leve inactiva profunda en la mucosa gástrica. (b) presencia de daño mucinoso leve. HE 40x.



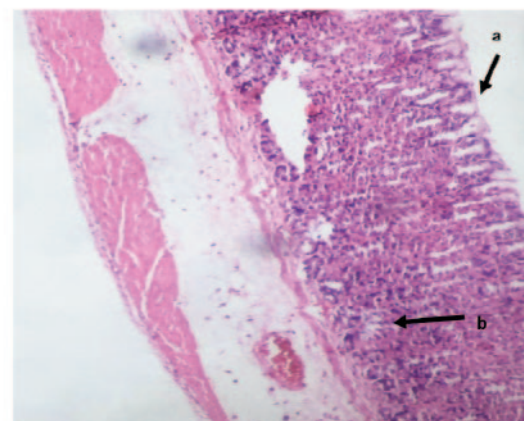
Microfotografía 3 (grupo III): (a) Inflamación crónica leve profunda en mucosa gástrica. (b) daño mucinoso ausente. HE 40x.



Microfotografía 4 (grupo IV): (a) gastritis crónica aguda leve superficial en la mucosa gástrica. (b) daño mucinoso leve. HE 40x.



Microfotografía 5 (grupo V): (a) gastritis crónica aguda leve profunda en la mucosa gástrica. (b) daño mucinoso leve. HE 40x.



Microfotografía 6 (grupo VI): (a) gastritis crónica moderada y aguda leve superficial. (b) daño mucinoso leve. HE 40x.

Figura 1. Microfotografías de los cortes histológico del tejido glandular gástrico de ratas

permitir realizar la investigación en sus instalaciones y a la Unidad de Vicerrectorado de Investigación de la UNMSM por la correspondiente financiación.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

- Périco LL, Emílio-Silva MT, Ohara R, Rodrigues VP, Bueno G, Barbosa-Filho JM, et al. Systematic analysis of monoterpenes: Advances and challenges in the treatment of peptic ulcer diseases. *Biomolecules* [Internet]. 2020;10(2):265. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/biom10020265>
- Prayoga DK, Aulifa DL, Budiman A, Levita J. Plants with anti-ulcer activity and mechanism: A review of preclinical and clinical studies. *Drug Des Devel Ther* [Internet]. 2024;18:193–213. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2147/DDDT.S446949>
- Vomero ND, Colpo E. Nutritional care in peptic ulcer. *Arq Bras Cir Dig* [Internet]. 2014;27(4):298–302. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-67202014000400017>
- Kamada T, Satoh K, Itoh T, Ito M, Iwamoto J, Okimoto T, et al. Evidence-based clinical practice guidelines for peptic ulcer disease 2020. *J Gastroenterol* [Internet]. 2021;56(4):303–22. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00535-021-01769-0>
- Kavitt RT, Lipowska AM, Anyane-Yeboah A, Gralnek IM. Diagnosis and treatment of peptic ulcer disease. *Am J Med* [Internet]. 2019;132(4):447–56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjmed.2018.12.009>
- Shireesh Kiran R, Bathool S, Geetha K, Sharma GS, Rama Rao T. A Review On Spinacia Oleracea. *Indian J Appl Res* [Internet]. 2023 [citado el 21 de agosto de 2025];12 Issue 12. Disponible en: <https://www.worldwidejournals.com/paripex/article/a-review-on-spinacia-oleracea/NDE1MTE=/?is=1&b1=0&k=1>
- Chiu H-F, Venkatakrishnan K, Golovinskaia O, Wang C-K. Gastroprotective effects of polyphenols against various Gastro-intestinal disorders: A mini-review with special focus on clinical evidence. *Molecules* [Internet]. 2021;26(7):2090. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules26072090>
- Mehmood A, Zeb A, Ateeq MK. In vivo antidiabetic effects of phenolic compounds of spinach, mustard, and cabbage leaves in mice. *Heliyon* [Internet]. 2023;9(6):e16616. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e1661>
- Farzaei MH, Abdollahi M, Rahimi R. Role of dietary polyphenols in the management of peptic ulcer. *World J Gastroenterol* [Internet]. 2015;21(21):6499–517. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3748/wjg.v21.i21.6499>
- Sapkota B, Pandey B, Sapkota B, Dhakal K, Aryal B. A systematic review and meta-analysis on pharmacist-led interventions for the management of peptic ulcer disease. *PLoS One* [Internet]. 2025;20(3):e0320181. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0320181>
- Sanvodal M, Ayala S, Oré R, Loli R, Huamán O. Estimulación de la actividad péptica del jugo gástrico, inducida por látex de *Croton palanostigma* (sangre de grado). *An Fac Med (Lima Peru: 1990)* [Internet]. 2008;69(3):164–7. Disponible en: <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=37911354003>
- Huamán O, Arnao I, Béjar E, Sandoval M. Efecto del extracto hidroalcohólico liofilizado de hojas de Bixa orellana (achiote), en la secreción gástrica de ratas. *An Fac Med (Lima Peru: 1990)* [Internet]. 2007 [citado el 8 de septiembre de 2025];68(4):314–20. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832007000400005&script=sci_abstract
- Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* [Internet]. 1978;52:302–10. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0076-6879\(78\)52032-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0076-6879(78)52032-6)
- Anson ML. The estimation of pepsin, trypsin, papain, and cathepsin with hemoglobin. *J Gen Physiol* [Internet]. 1938;22(1):79–89. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1085/jgp.22.1.79>
- Arru L, Mussi F, Forti L, Buschini A. Biological effect of different spinach extracts in comparison with the individual components of the phytocomplex. *Foods* [Internet]. 2021;10(2):382. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/foods10020382>
- Kumar R, Patwa R. Study of phytochemical constituents and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. of bundelkhand region. *International Journal of Life-Sciences Scientific Research* [Internet]. 2018;4(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21276/ijlssr.2018.4.1.15>
- Andarwulan N, Cahyarani Puspita N, Saraswati, Średnicka-Tober D. Antioxidants such as flavonoids and carotenoids in the diet of Bogor, Indonesia residents. *Antioxidants (Basel)* [Internet]. 2021;10(4):587. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox10040587>
- Johra FT, Bepari AK, Bristy AT, Reza HM. A mechanistic review of β -carotene, lutein, and zeaxanthin in eye health and disease. *Antioxidants (Basel)* [Internet]. 2020;9(11):1046. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9111046>
- Zou X, Gao J, Zheng Y, Wang X, Chen C, Cao K, et al. Zeaxanthin induces Nrf2-mediated phase II enzymes in protection of cell death. *Cell Death Dis* [Internet]. 2014;5(5):e1218. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/cddis.2014.190>
- Elvira-Torales LI, Martín-Pozuelo G, González-Barrio R, Navarro-González I, Pallarés F-J, Santaella M, et al. Ameliorative effect of spinach on non-alcoholic fatty liver disease induced in rats by a high-fat diet. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2019;20(7):1662. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms20071662>
- Zhang J, Ning J, Hao X, Han X, Fu W, Gong Y, et al. Glucagon-like peptide-2 protects the gastric mucosa via regulating blood flow and metabolites. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2022;13:1036559. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2022.1036559>
- Oh TY, Lee JS, Ahn BO, Cho H, Kim WB, Kim YB, et al. Oxidative stress is more important than acid in the pathogenesis of reflux oesophagitis in rats. *Gut* [Internet]. 2001;49(3):364–71. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/gut.49.3.364>
- Ko S-H, Park J-H, Kim S-Y, Lee SW, Chun S-S, Park E. Antioxidant effects of spinach (*Spinacia oleracea* L.) supplementation in hyperlipidemic rats. *Prev Nutr Food Sci* [Internet]. 2014;19(1):19–26. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2014.19.1.019>

24. Bilski R, Nuskiewicz J. Antioxidant therapies as emerging adjuncts in rheumatoid arthritis: Targeting oxidative stress to enhance treatment outcomes. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2025;26(7). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms26072873>
25. Flores-Estrada J, Cano-Martínez A, Vargas-González Á, Castrejón-Téllez V, Cornejo-Garrido J, Martínez-Rosas M, et al. Hepatoprotective mechanisms induced by spinach methanolic extract in rats with hyperglycemia-an immunohistochemical analysis. *Antioxidants (Basel)* [Internet]. 2023;12(11):2013. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox12112013>
26. Ewais O, Abdel-Tawab H, El-Fayoumi H, Aboelhadid SM, Al-Quraishy S, Falkowski P, et al. Administration of ethanolic extract of *Spinacia oleracea* rich in omega-3 improves oxidative stress and goblet cells in broiler chickens infected with *Eimeria tenella*. *Molecules* [Internet]. 2023;28(18). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules28186621>
27. Ji N, Pan S, Shao C, Chen Y, Zhang Z, Wang R, et al. Spinacetin suppresses the mast cell activation and passive cutaneous anaphylaxis in mouse model. *Front Pharmacol* [Internet]. 2018;9:824. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphar.2018.00824>

Efecto de la dieta con semilla *Citrullus lanatus* (sandía) pulverizada sobre los niveles de glucosa y tejido pancreático de ratas con cuadro diabético inducido por aloxano

Effect of a diet containing powdered *Citrullus lanatus* (watermelon) seed on glucose levels and pancreatic tissue in rats with alloxan-induced diabetogenic symptoms

Luis Angelo PAUCAR DIAZ¹, Oscar Gustavo HUAMAN GUTIERREZ², Antonio HERRERA ROSALINO³

1 Escuela Profesional de Nutrición - Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

2 Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición - Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

3 Facultad de Medicina Veterinaria - Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Recibido: 1/julio/2025. Aceptado: 16/septiembre/2025.

RESUMEN

La Diabetes Mellitus (DM) es una enfermedad crónica de elevada prevalencia, caracterizada por hiperglucemia persistente y alteraciones en la secreción o acción de la insulina. Frente a esta problemática, el estudio de plantas medicinales con potencial hipoglucemiante representa una alternativa terapéutica en evaluación. En este contexto, la semilla de *Citrullus lanatus* (sandía) se ha propuesto como coadyuvante en el control glucémico.

Objetivo: Evaluar el efecto de una dieta suplementada con semilla de sandía pulverizada sobre los niveles de glucosa y el tejido pancreático en ratas con diabetes inducida por aloxano.

Métodos: Se trabajó con 30 ratas albinas Holtzman macho, distribuidas aleatoriamente en cinco grupos: control negativo (agua), metformina (14 mg/kg), y tres grupos experimentales con dietas suplementadas con semilla de sandía al 1%, 3% y 9%. El tratamiento tuvo una duración de 9 días. Se midió la glucemia en los días 1, 5 y 9, y se evaluó histológicamente el páncreas al finalizar el estudio.

Resultados: El grupo con dieta al 3% mostró una reducción significativa de la glucemia (469 ± 107 mg/dL día 1 a 232 ± 48 mg/dL día 9; $p < 0,05$), acompañado de mejor conservación del tejido pancreático. La metformina también redujo la glucemia ($p < 0,05$). El grupo al 1% tuvo una reducción no significativa, mientras que el grupo al 9% no presentó mejoras. La histología evidenció islotes de Langerhans conservados y menor vacuolización en los grupos 3% y metformina.

Conclusión: La suplementación dietética con semilla de sandía al 3% mostró efecto hipoglucemiante y posible acción protectora pancreática en ratas diabéticas, lo que sugiere su potencial uso como complemento nutricional en el manejo de la diabetes. Se recomienda profundizar en su estudio clínico.

PALABRAS CLAVE

Citrullus lanatus, semilla de sandía, diabetes, aloxano, hipoglucemiante, páncreas.

ABSTRACT

Diabetes mellitus is a chronic disease of high prevalence, characterized by persistent hyperglycemia and alterations in insulin secretion or action. In response to this issue, the study of medicinal plants with hypoglycemic potential represents an emerging therapeutic alternative. In this context, the seed of *Citrullus lanatus* (watermelon) has been proposed as a coadjutant in glycemic control.

Correspondencia:

Luis Angelo Paucar Diaz
instintonutri@gmail.com

Objective: To evaluate the effect of a diet supplemented with powdered watermelon seed on glucose levels and pancreatic tissue in rats with alloxan-induced diabetes.

Methods: Thirty male Holtzman albino rats were randomly distributed into five groups: negative control (water), metformin (200 mg/kg), and three experimental groups receiving diets supplemented with 1%, 3%, and 9% watermelon seed. The treatment lasted 9 days. Glycemia was measured on days 1, 5, and 9, and pancreatic histology was assessed at the end of the study.

Results: The group supplemented with 3% seed showed a significant reduction in glycemia (469 ± 107 mg/dL on day 1 to 232 ± 48 mg/dL on day 9; $p < 0.05$), along with better preservation of pancreatic tissue. The metformin group also showed significant glycemic reduction ($p < 0.05$). The 1% group had a non-significant decrease, while the 9% group showed no improvements. Histological analysis revealed well-preserved Langerhans islets and reduced vacuolization in the 3% and metformin groups.

Conclusion: Dietary supplementation with 3% *Citrullus lanatus* seed demonstrated a hypoglycemic effect and potential pancreatic protection in diabetic rats, suggesting its possible use as a nutritional adjunct in diabetes management. Further clinical studies are recommended to confirm these effects.

KEYWORDS

Citrullus lanatus, watermelon seed, diabetes, alloxan, hypoglycemic, pancreas.

INTRODUCCIÓN

La hiperglucemia es un cuadro muy común en la Diabetes Mellitus (DM), donde se altera la homeostasis interna y comienza a producir cuerpos cetónicos en el hígado¹. La hiperglucemia tiene diversas causas, entre las más comunes se encuentran la mala alimentación (exceso de carbohidratos), falta de actividad o entrenamiento físicos, enfermedades colaterales, incluso el uso de medicamentos no relacionados con la diabetes^{1,2}. Saltarse dosis o no administrarse la suficiente cantidad de insulina u otro hipoglicemiante también pueden provocar hiperglucemia².

La DM es una enfermedad crónica no transmisible que aparece cuando el páncreas no produce o produce insuficiente cantidad de insulina para ejercer el efecto hipoglicemiante, motivo por el que tras una comida alta en carbohidratos se puede presentar hiperglucemias post prandiales³. Cuando esta enfermedad no es controlada comienzan las complicaciones a nivel cardiovascular y renal (nefropatía diabética), neuropatía diabética, retinopatía diabética, problemas en los huesos y las articulaciones, infecciones en los dientes, las encías, entre otras más^{2,3}.

El Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC Perú) del Ministerio de Salud (MINSA), informó 9 586 casos de diabetes durante los primeros seis meses del 2022 y 32 085 caso desde el inicio de la pandemia. Acotando que desde el inicio del 2022 y hasta el 30 de junio, el 63% de los 9 586 casos de diabetes registrados corresponden a mujeres^{4,5}.

El tratamiento actual de la DM se centra en la farmacología y autocuidado del paciente, basándose en el estilo de vida, buscando reducir al mínimo el uso de medicamentos porque presenta complicaciones a largo plazo como deficiencias nutricionales⁵. Por ello se buscan otras alternativas naturales para tratar la enfermedad sin generar o reducir los efectos adversos⁶. Por ejemplo, la sandía, canela, cúrcuma, jengibre, entre otras.

Las semillas de *Citrullus lanatus* (sandía) contienen una diversidad de compuestos bioactivos como flavonoides, taninos, saponinas, alcaloides, compuestos fenólicos y L-citrulina. Estos metabolitos secundarios poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y reguladoras de la glucemia^{7,8}. Actúan inhibiendo enzimas como la α -amilasa y la α -glucosidasa, lo que reduce la absorción de glucosa a nivel intestinal. Además, contribuyen a proteger las células β del páncreas frente al daño oxidativo y mejorar la sensibilidad a la insulina. La L-citrulina, presente en alta proporción, participa en la síntesis de óxido nítrico, lo cual podría favorecer la captación de glucosa en tejidos periféricos⁹⁻¹¹.

Este trabajo buscó explorar el efecto de la dieta con semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) pulverizada sobre la hiperglucemia inducida en ratas albinas. La evidencia actual afirma que, por su contenido de flavonoides, alcaloides, saponinas, citrulina, L-arginina inhiben la actividad de la β -glucosidasa y evita hiperglucemias^{12,13}.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de diseño experimental puro, con grupo control y post prueba¹⁴.

El fruto de sandía fue adquirido el mercado del Distrito del Rimac, Lima-Perú y clasificada e identificada como la especie de *Citrullus lanatus* en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (CONSTANCIA N° 104-USM-MHN-2024). Las semillas se extrajeron de forma manual, luego fueron lavadas con agua y colocadas en bandeja de vidrio de área amplia por 12 horas al aire libre. Posteriormente se tostaron en una sartén antiadherente marca Record® por tres minutos a movimiento constante, luego fue molido en una licuadora (Oster®) por un tiempo de dos minutos, finalmente fue cernido con un colador de acero inoxidable. El producto final se almacena en congelación dentro de un frasco hermético de color ámbar completamente sellado. Dicha muestra se combinó con el alimento estándar para esto tipos de animales, previamente molido en proporciones del 1%, 3% y 9%^{15,16}.

Adquisición y acondicionamiento de los animales de experimentación:

Las ratas fueron adquiridas en el Instituto Nacional de Salud (Bioterio certificado), luego trasladado al bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), los cuales se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura ($22 \pm 3^\circ\text{C}$) y humedad relativa (entre 40 – 60%). Los animales fueron colocados en jaulas metálicas (dos ratas en cada jaula) y se expusieron a ciclos de luz y oscuridad, con agua *ad libitum* y alimentación balanceada por un período de cinco días. Estas condiciones están en base al cuidado y manejo del Instituto Nacional de Salud¹⁷.

El **efecto hipoglicemiante** de la semilla se evaluó mediante la inducción de la diabetes experimental con aloxano (110 mg/kg disuelto en buffer citrato 0,3 M pH 4,5), el cual fue administrado por dos dosis vía intraperitoneal, por espacio de dos días. Tras 48 horas de la segunda administración de aloxano se midió los niveles de glicemia, aquellos animales con glicemia superior a 200 mg/dL se incluyeron en el estudio¹⁸.

Los animales fueron distribuidos de forma aleatoria en cinco grupos (n=6), recibiendo el siguiente tratamiento, por un período de nueve días:

- Grupo I: dieta balanceada + agua por vía oral.
- Grupo II: dieta balanceada + metformina 14 mg/kg.
- Grupo III: semilla de sandía 1% en dieta
- Grupo IV: semilla de sandía 3% en dieta
- Grupo V: semilla de sandía 9% en dieta

La muestra de sangre fue tomada a 5 mm de la punta de la cola, previa desinfección con alcohol medicado, eliminado la primera gota. La medida de glicemia se realizó por duplicado al primer, quinto y noveno día de tratamiento, previo ayuno de 12 horas. El equipo utilizado para medir la glicemia fue el glucómetro de marca Accu chek instant®.

Terminado el tratamiento, los animales fueron sometidos a un ayuno de 12 horas y previa anestesia con pentobarbital sódico, vía intraperitoneal, para extraer el tejido pancreático, el cual fue conservado en formol 10% disuelto en buffer fosfato 0,01 M a pH 7,4. Los tejidos fueron fijados en parafina y teñidos con hematoxilina-eosina. Las láminas fueron leídas por un Médico Veterinario con experiencias en estudio histológicos. Se evaluaron la vacuolización citoplasmática, la hiperplasia de los islotes de Langerhans y la infiltración de linfocitos.

Para el **análisis estadístico** se ordenó los datos en una hoja de cálculo Excel 2021, y el programa estadístico SPSS v.25.0 en el cual se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, mostrando los datos distribución normal ($p > 0,05$), luego se aplicó el estadístico inferencial de ANOVA para ver

la existencia de diferencia en los grupos tratados, también se aplicó la prueba de Levene observándose heterogeneidad de la varianza, por lo tanto, se aplicó la prueba post hoc Games-howell, para la comparación intergrupala. Para comparar la glucosa entre días 1; 5 y 9 en cada grupo se utilizó la prueba T-student.

El presente estudio fue evaluado y aprobado por el comité de Ética en Investigación de la escuela Profesional de Nutrición (RD N° 002683-2024-D-FM/UNMSM). En el presente trabajo se ha cumplido con los principios de bienestar animal establecidos por la guía de las 3R (Reducción, Refinamiento y Reemplazo).

RESULTADOS

Después de la inducción con aloxano se observó que los niveles de glucosa sobrepasaron los 200 mg/dL, siendo significativo con los niveles de glicemia antes de la preinducción¹⁹.

Al analizar la comparación entre los grupos, al día 1 los niveles promedio de glicemia no mostraron diferencias significativas entre ellos. Al quinto día de tratamiento los grupos II y III mostraron un menor nivel de glicemia en comparación el grupo I, sin embargo, el grupo V se incrementó, sin llegar a ser significativo²⁰. El noveno día de tratamiento los grupos II, III y IV mostraron menores niveles de glicemia, respecto al grupo I, siendo el grupo IV el que presentó diferencia significativa. El grupo V no presentó diferencia significativa con el grupo I, en ninguno de los días evaluados. (Tabla 1).

El grupo tratado con metformina (grupo II) presentó una reducción significativa de la glucemia, pasando de 511 ± 103 mg/dL en el primer día a 286 ± 77 mg/dL en el noveno día, con una disminución promedio de 225 mg/dL (figura 1).

El grupo III (1% de semilla) mostró una reducción progresiva y significativa, mostrando un promedio de glicemia al primer día de 337 mg/dL, al quinto día 311 mg/dL y al noveno día 291 mg/dL. En el grupo IV, al quinto día los niveles de glicemia (395 mg/dL) disminuyeron respecto al primer día (469 mg/dL), sin llegar a ser significativo; para el noveno día el nivel de glicemia bajó (232 mg/dL), mostrando diferencia significativa. Respecto al grupo V se observó que al quinto día de tratamiento los niveles de glicemia (434 mg/dL) se incrementaron, respecto al primer día (387 mg/dL); para el noveno día de tratamiento los niveles ligeramente disminuyeron (407 mg/dL) (figura 1).

A nivel histológico, los grupos tratados con metformina y semillas de sandía al 1% y 3% mostraron islotes de Langerhans con mayor cantidad de células (hiperplasia) y escasas vacuolas intracitoplasmáticas, indicando mejor organización celular. El grupo control mostró islotes escasos y alteraciones celulares. El grupo con 9% de inclusión presentó hiperplasia similar, aunque sin correlación con mejora en la glucemia.

Tabla 1. Comparación del efecto hipoglicemiante entre días de la dieta con semilla de *Citrullus lanatus* (sandía) pulverizada en ratas diabéticas inducidas

Grupo - Tratamiento	Glicemia (mg/dL)			
	Pre-inducción(*)	día 1(*)	día 5(*)	día 9(*)
	MEDIA ± DE	MEDIA ± DE	MEDIA ± DE	MEDIA ± DE
Grupo I: Agua	85 ± 20	434 ± 55	414 ± 66	383 ± 84
Grupo II: Metformina 14 mg/kg	101 ± 4	511 ± 103	363 ± 53	286 ± 77
Grupo III: semilla de sandía 1%	88 ± 7	337 ± 21 ^{(a)(b)}	311 ± 11	291 ± 5
Grupo IV: semilla de sandía 3%	90 ± 8	469 ± 107	395 ± 80	232 ± 48 ^(a)
Grupo V: semilla de sandía 9%	105 ± 4	387 ± 60	434 ± 60	407 ± 85

* Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). ANOVA ($p < 0,05$). Levene ($p > 0,05$). Games-Howell.

(a) $p < 0,05$ comparado con el grupo I. (b) $p < 0,05$ comparado con el grupo II.

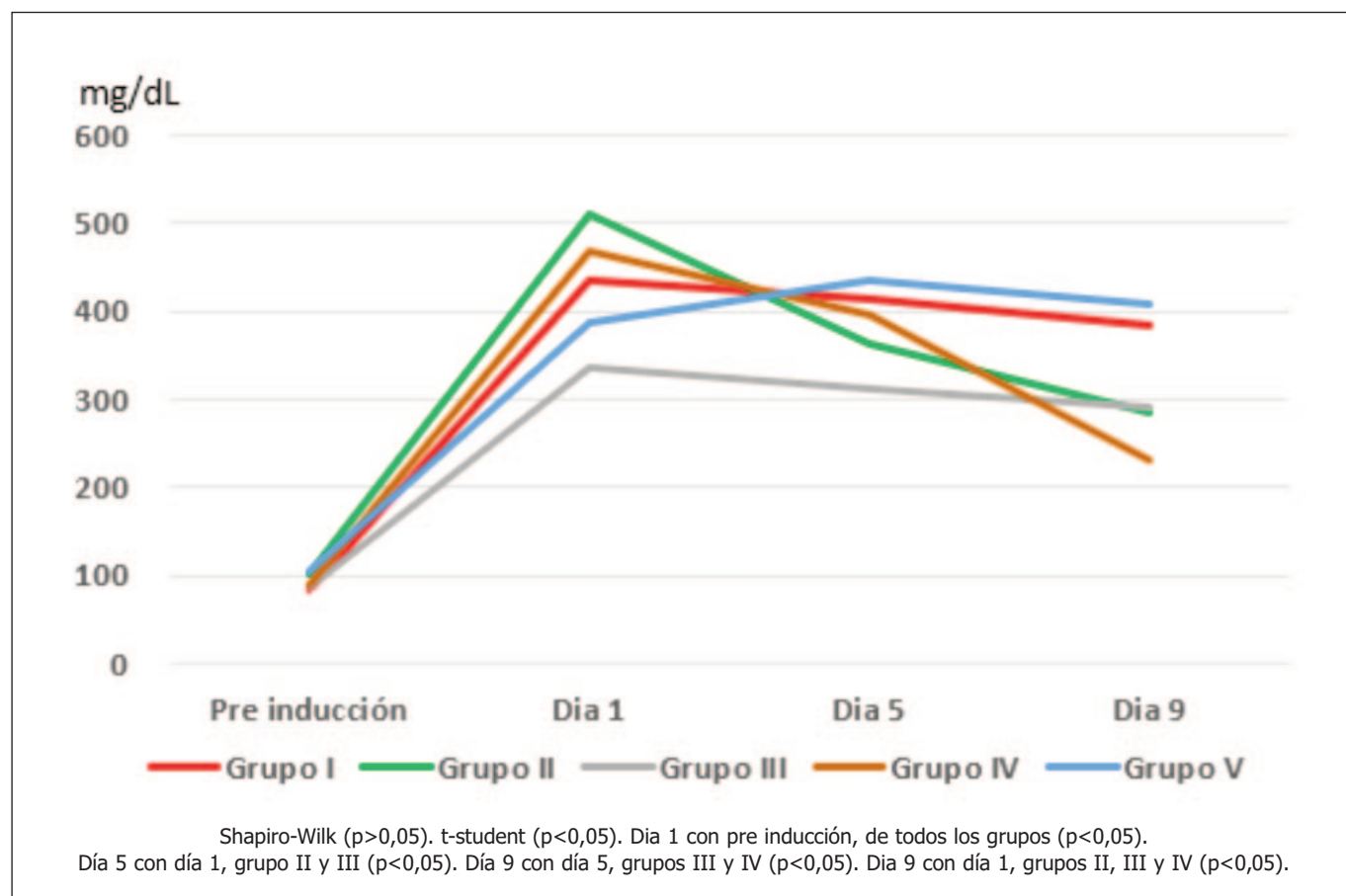
**Figura 1.** Evolución del nivel de glicemia según días de tratamiento de ratas diabéticas inducidas con aloxano tratadas con semilla de *Citrullus lanatus* (sandía) pulverizada

Tabla 2. Descripción histológica de tejido pancreático de ratas, según tratamiento

Grupo Experimental	Páncreas
Grupo I (Control)	Abundantes acinos serosos (basófilos) pancreáticos (parte exocrina), y escasos islotes de Langerhans (parte endocrina) conformados por células con pequeñas vacuolas con bordes definidos.
Grupo II (Metformina)	Abundantes acinos serosos (basófilos) pancreáticos (parte exocrina), e islotes de Langerhans conformados por abundantes células (hiperplasia) y escasas vacuolas intracitoplasmática.
Grupo III (Sandía al 1%)	Abundantes acinos serosos (basófilos) pancreáticos (parte exocrina), e islotes de Langerhans conformados por una moderada a abundante cantidad de células (hiperplasia), con escasas vacuolas con borde regular.
Grupo IV (Sandía al 3%)	Abundantes acinos serosos (basófilos) pancreáticos (parte exocrina), e islotes de Langerhans conformados por abundantes células (hiperplasia) y escasas vacuolas con borde regular.
Grupo V (Sandía al 9%)	Abundantes acinos serosos (basófilos) pancreáticos (parte exocrina), e islotes de Langerhans conformados por abundantes células (hiperplasia) y escasas vacuolas con borde regular.

DISCUSIÓN

El cuadro diabetogénico es una condición asociada al deterioro de la funcionalidad pancreática, específicamente por el daño a las células β productoras de insulina, lo que conlleva a una desregulación en la homeostasis de la glucosa. Actualmente, este trastorno es abordado mediante terapias farmacológicas y modificaciones en el estilo de vida; sin embargo, el uso crónico de ciertos medicamentos puede desencadenar efectos secundarios no deseados, lo que ha motivado el interés por alternativas terapéuticas naturales. En este contexto, el uso de alimentos funcionales como la semilla de *Citrullus lanatus* (sandía) ha cobrado relevancia por su contenido de compuestos bioactivos con potencial efecto antidiabético^{20,21}.

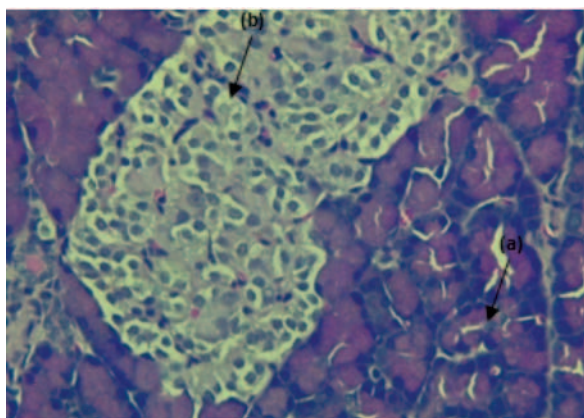
En el grupo experimental inducido con aloxano sin tratamiento, se evidenció hiperglucemia sostenida a lo largo del periodo de evaluación, sin mejoría significativa. El análisis histológico reveló islotes de Langerhans escasos y con alteraciones estructurales marcadas, reflejo del daño irreversible ocasionado por el aloxano a las células β . Este efecto ha sido previamente documentado y se atribuye principalmente al estrés oxidativo que genera dicho agente, con la formación de especies reactivas de oxígeno que inducen necrosis celular. Aunque se ha postulado que algunos micronutrientes podrían acentuar la toxicidad del aloxano, y que ciertas células podrían presentar resistencia en condiciones específicas, estas observaciones requieren mayor soporte experimental²²⁻²⁴.

En contraste, el grupo tratado con metformina (14 mg/kg) mostró una reducción significativa y sostenida de los niveles de glucosa desde el día 5 hasta el día 9, además de una recuperación parcial de la arquitectura pancreática. Estos hallazgos coinciden con la evidencia científica existente, que respalda el mecanismo de acción de la metformina mediante la activación de AMPK, la mejora de la captación periférica de glucosa y la

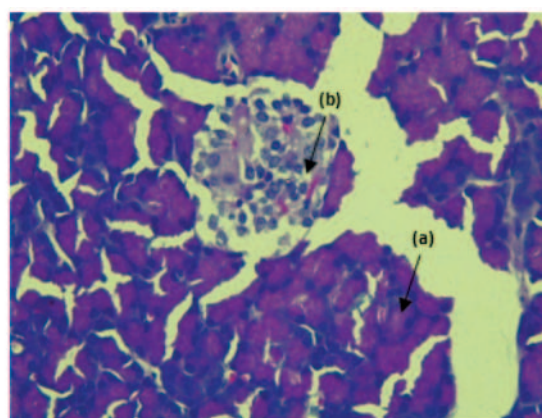
inhibición de su producción hepática. Adicionalmente, se reconocen sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios y su impacto positivo de la semilla de sandía (*Citrullus lanatus*) sobre el perfil del microbiota intestinal, lo cual contribuye a una regulación metabólica integral²⁵.

Respecto al uso de semilla de sandía, el grupo que recibió un 1% de inclusión en la dieta mostró una disminución moderada de la glucosa, sin alcanzar significancia estadística. No obstante, se evidenció una mejora histológica con cierto grado de regeneración de los islotes pancreáticos. Esta respuesta sugiere una posible relación dosis-dependiente. En efecto, el grupo que recibió un 3% de inclusión presentó una reducción significativa de la glucosa, así como una notable proliferación de los islotes de Langerhans y una mejor organización celular²⁶. Este efecto podría atribuirse a la presencia de compuestos bioactivos como flavonoides (luteolina, apigenina) y taninos, conocidos por su capacidad antioxidante y antiinflamatoria. Estos compuestos actúan inhibiendo enzimas como la α -amilasa y la α -glucosidasa, lo que reduce la absorción de glucosa a nivel intestinal. Así mismo pueden neutralizar especies reactivas de oxígeno y reducir el daño oxidativo a las células β pancreáticas, favoreciendo su funcionalidad y viabilidad. Estudios previos han demostrado que ciertos flavonoides presentes en la semilla de *Citrullus lanatus* poseen efecto protector sobre el páncreas al modular la expresión de enzimas antioxidantes y disminuir el estrés oxidativo en modelos animales con diabetes inducida^{27,28}. Esta acción antioxidante, sumada a su potencial para estimular la regeneración de islotes pancreáticos, podría explicar la mejora histológica observada en este grupo.

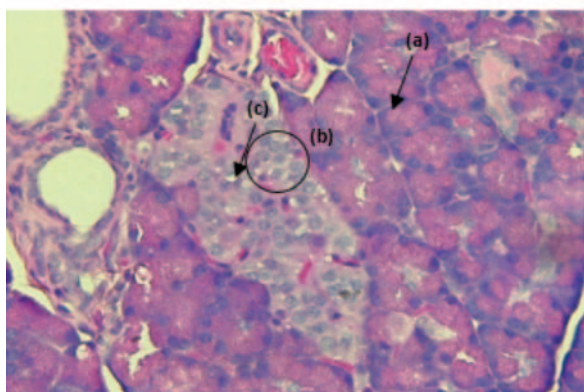
El grupo con el 3% de inclusión logró una disminución del 45% de glucosa al día 9, resultado comparable al obtenido con metformina, lo cual pone de manifiesto el potencial terapéutico de esta dosis intermedia. Este hallazgo está alineado con investigaciones que reportan una mayor eficacia de com-



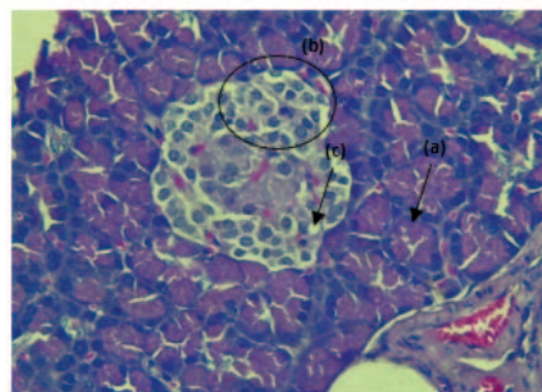
Micrografía óptica 1. Grupo I: Páncreas. Abundantes acinos pancreáticos serosos (a), escasos islotes con vacuolas con bordes definidos (b) HE (40x) .



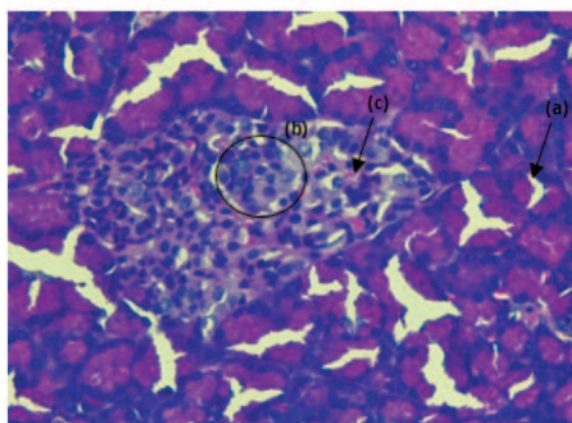
Micrografía óptica 2. Grupo II: Páncreas. Abundantes acinos pancreáticos serosos (a), islote con escasas vacuolas intracitoplasmáticas (b). HE (40x).



Micrografía óptica 3. Grupo III: Páncreas. Abundantes acinos pancreáticos (a), islotes hiperplásicos (b), con escasas vacuolas intracitoplasmáticas (c). HE (40x).



Micrografía óptica 4. Grupo IV: Páncreas. Abundantes acinos pancreáticos (a), islotes hiperplásicos (b), con escasas vacuolas intracitoplasmáticas (c). HE (40x).



Micrografía óptica 5. Grupo V: Páncreas. Abundantes acinos pancreáticos (a), islotes hiperplásicos (b) con vacuolas intracitoplasmáticas definidas (c). HE (40x).

Figura 2. Microfotografía de corte histológico de páncreas de ratas

puestos fitoquímicos en concentraciones moderadas, donde la biodisponibilidad es óptima y el riesgo de toxicidad es reducido. Además, diversos estudios sugieren que los componentes de la semilla de sandía pueden modular la expresión de transportadores de glucosa en el intestino y músculo esquelético, favoreciendo así la captación y utilización periférica de la glucosa²⁴. El análisis histológico del páncreas reveló una mejoría morfológica atribuida a compuestos como el licopeno, luteolin-7-O-glucósido y δ -tocoferol, este último presente en concentraciones de hasta 1476 mg/kg en las semillas, con propiedades citoprotectoras bien documentadas²⁹.

En cambio, en el grupo que recibió el 9% de semilla de sandía no se observaron mejoras significativas en la glucemia. Aunque la morfología pancreática mostró ciertos signos de regeneración similares a los otros grupos tratados con la semilla, la falta de efecto hipoglucemiante sugiere una posible saturación o interferencia en rutas metabólicas clave. Esto podría explicarse por un exceso de compuestos bioactivos que, en dosis elevadas, han sido asociados a alteraciones hepáticas o disrupciones en la homeostasis glucémica, tal como se ha señalado en investigaciones recientes^{19,25}.

La acción terapéutica observada en los grupos tratados con dosis intermedias podría relacionarse con la presencia de antioxidantes como luteolin-7-O-glucósido y δ -tocoferol, los cuales han demostrado inducir la proliferación de células β , mejorar la secreción de insulina y proteger frente al daño oxidativo. Si bien los resultados en modelos animales son prometedores y comparables con los tratamientos farmacológicos convencionales, aún se requiere evidencia clínica en humanos para validar estos hallazgos²⁹. En consecuencia, se sugiere la realización de estudios a largo plazo y de diseño controlado que profundicen en los mecanismos moleculares involucrados, considerando además el papel modulador del microbiota intestinal y su interacción con componentes dietéticos específicos³⁰.

CONCLUSION

La inclusión dietética de semilla pulverizada de *Citrullus lanatus* al 3% demostró una reducción significativa en los niveles de glucosa en ratas con cuadro diabetogénico inducido por aloxano, lo que sugiere un efecto hipoglucemiante relevante. Asimismo, tanto las dietas con 1% como con 3% de inclusión favorecieron una mejor preservación de la arquitectura histológica del tejido pancreático endocrino, evidenciando un posible efecto protector sobre las células β . Estos hallazgos respaldan el potencial terapéutico de la semilla de sandía como un alimento funcional en el manejo de la hiperglucemia y la preservación de la función pancreática en contextos de daño oxidativo inducido experimentalmente.

Limitaciones

Los resultados se obtuvieron en ratas bajo condiciones de laboratorio, por lo que no pueden extrapolarse directamente

a humanos. Se necesitan estudios clínicos para confirmar su efectividad en personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Clínica Universidad de Navarra. Hiperglucemia: qué es, síntomas, diagnóstico y tratamiento [Internet]. Navarra: CUN; 2022 [citado 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/hiperglucemia>
2. Mayo Clinic. Hiperglucemia en la diabetes - Síntomas y causas [Internet]. 2022 [citado 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/hyperglycemia/symptoms-causes/syc-20373631>
3. Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). Diabetes [Internet]. Paho.org; 2018 [citado 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
4. Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. CDC Perú notificó más de 32 mil casos de diabetes en todo el país desde el inicio de la pandemia [Internet]. MINSA; 2022. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal-nuevo/informativo/prensa/cdc-peru-notifico-mas-de-32-mil-casos-de-diabetes-en-todo-el-pais-desde-el-inicio-de-la-pandemia/>
5. Pal R, Bhadada SK. COVID-19 and diabetes mellitus: An unholy interaction of two pandemics. *Diabetes Metab Syndr*. 2020;14(4): 513–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871402120301144>
6. Ajilboye BO, Shonibare MT, Oyinloye BE. Antidiabetic activity of watermelon (*Citrullus lanatus*) juice in alloxan-induced diabetic rats. *J Diabetes Metab Disord* [Internet]. 2020;19(1):343–52. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7270380/>
7. Adebayo AO, Alozie I, Chuke-Okeke SO. Evaluating the influence of *Citrullus lanatus* seed extracts on electrolytes, urea and creatinine in Streptozotocin-induced diabetic albino rats [Internet]. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333930248_Evaluating_the_influence_of_Citrullus_lanatus_seed_extract_on_electrolytes_urea_and_creatinine_in_Streptozotocin_induced_diabetic_albino_rats
8. Ogbeifun H, Peters D, Monanu M. Effect of Aqueous Extract of *Citrullus lanatus* (Watermelon) Seeds on Alloxan-Induced Diabetic Wistar Rats. *Asian J Res Biochem* [Internet]. 2020;7(3): 30–44. Disponible en: DOI: 10.9734/ajrb/2020/v6i230115
9. Hernández Ruiz de Eguilaz M, Martínez de Morentin B, San-Cristóbal R, Pérez Díez S, Navas-Carretero S, et al. Cambios alimentarios y de estilo de vida como estrategia en la prevención del síndrome metabólico y la diabetes mellitus tipo 2: hitos y perspectivas. *An Sist Sanit Navar* [Internet]. 2016;39(2):269–89. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272016000200009
10. Arauz E, Cardoze D, Salehji A, Liguas A. Deficiencia de Vitamina B12 relacionada al uso de Metformina. *Rev Médico Científica* [Internet]. 2020;33:52–63. Disponible en: <https://www.revista medicocientifica.org/index.php/rmc/article/view/585>

11. Wilmot EG, Edwardson CL, Achana FA, Davies MJ, Gorely T, Gray LJ, et al. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia* [Internet]. 2012;55(11):2895–905. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-012-2677-z>
12. Asociación Americana de Diabetes (ADA). Sitio oficial [Internet]. 2022 [citado 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://diabetes.org/espanol>
13. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención [Internet]. MINSA; Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3466.pdf>
14. Deshmukh C, Jain A. Antidiabetic and antihyperlipidemic effects of methanolic extract of *Citrullus lanatus* seeds in rats. *Int J Pharm Pharm Sci* [Internet]. 2018;7(10):232–6. Disponible en: <https://journals.innovareacademics.in/index.php/ijpps/article/view/7766>
15. Beidokhti MN, Jäger AK. Review of antidiabetic fruits, vegetables, beverages, oils and spices commonly consumed in the diet. *J Ethnopharmacol* [Internet]. 2017;201:26–41. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874116323054>
16. Ajithadas A, Vijayalakshmi K, Karthikeyan V. In vitro antioxidant screening of *Citrullus lanatus* leaves [Internet]. ResearchGate; 2014. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/304451594>
17. Reza A. Antidiabetic activity and antioxidant role of Watermelon (*Citrullus lanatus*) peels in Streptozotocin-induced diabetic rats [Internet]. ResearchGate; 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304451594_In_vitro_ANTIOXIDANT_SCREENING_OF_Citrullus_lanatus_LEAVES
18. Organización Mundial de la Salud. Diabetes Mellitus [Internet]. OPS; 2012. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=category&id=4475&layout=blog&Itemid=40610&lang=es
19. Brutsaert EF. Diabetes mellitus (DM) [Internet]. Manual MSD para profesionales; 2020. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/diabetes-mellitus-y-trastornos-del-metabolismo-de-los-hidratos-de-carbono/diabetes-mellitus-dm>
20. MedlinePlus. Hiperglucemia - cuidados personales [Internet]. 2022. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000332.htm>
21. Asociación Americana de Diabetes. Diagnóstico [Internet]. ADA; 2022 [citado 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://diabetes.org/diagnostico>
22. American Diabetes Association. Pharmacologic Approaches to Glycemic Treatment: Standards of Medical Care in Diabetes—2021. *Diabetes Care* [Internet]. 2020;44(Suppl 1):S111–24. Disponible en: https://diabetesjournals.org/care/article/44/Supplement_1/S111/31020
23. Zhao F-F, Suhonen R, Koskinen S, Leino-Kilpi H. Theory-based self-management educational interventions on patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *J Adv Nurs* [Internet]. 2016;73(4):812–33. Disponible en: DOI: 10.1111/jan.13163
24. American Diabetes Association. Summary of Revisions: Standards of Medical Care in Diabetes—2021. *Diabetes Care* [Internet]. 2020; 44(Suppl 1):S4–6. Disponible en: https://diabetesjournals.org/care/article/44/Supplement_1/S4/30968
25. Powers MA, Bardsley JK, Cypress M, Funnell MM, Harms D, Hess-Fischl A, et al. Diabetes self-management education and support in adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care* [Internet]. 2020; 43(7):1636–49. Disponible en: <https://diabetesjournals.org/care/article/43/7/1636/35565>
26. American Association of Diabetes Educators. An Effective Model of Diabetes Care and Education: Revising the AADE7 Self-Care Behaviors®. *Diabetes Educ* [Internet]. 2020. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0145721719894903>
27. Rubino F, Puhl RM, Cummings DE, Eckel RH, Ryan DH, Mechanick JI, et al. Joint international consensus statement for ending stigma of obesity. *Nat Med* [Internet]. 2020;26(4):485–97. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41591-020-0803-x> Al-Azm AM, Mohammad IS, Al-Juaied SW, et al. **Luteolin protects pancreatic β -cells against apoptosis and preserves function in diabetic models.** *Phytomedicine*. 2024;120:154856. Disponible en: DOI: 10.3390/ph16070975
28. Nissar J, Sidiqi US, Hussain DA, Akbar U. **Nutritional composition and bioactive potential of watermelon seeds: a pathway to sustainable food and health innovation.** *Food and Biology*. 2025;4:fb-d4fb00335g. Disponible en: DOI: 10.1039/D4FB00335G
29. Zhou G, Myers R, Li Y, et al. **Role of AMP-activated protein kinase in the mechanism of metformin action.** *J Clin Invest*. 2001;108(8):1167–74. Disponible en: Doi: 10.1172/JCI13505
30. Davison KM, Temple NJ. Cereal fiber, fruit fiber, and type 2 diabetes: Explaining the paradox. *Journal of Diabetes and its Complications* [Internet]. 2018 Feb [cited 2022 Nov 22];32(2):240–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29191432/>

Omega-3 supplementation lowers ApoB100 levels in obese adolescents: a controlled intervention study

Zuraida HAFNI¹, Agussalim BUKHARI², Suryani AS'AD^{2,5}, Nurpudji A TASLIM², Haerani RASYID^{2,3}, AMINUDDIN^{2,4}, Andi Yasmin SYAUKI², Nur ASHARI², A Arsyi Adlina Putri SADIKIN²

¹ Clinical Nutrition Specialist Program, Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

² Department of Nutrition, Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

³ Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

⁴ Faculty of Public Health, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

⁵ Faculty of Medicine, Muhammadiyah University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

Recibido: 12/junio/2025. Aceptado: 17/septiembre/2025.

ABSTRACT

Background: Obesity is a risk factor associated with cardiovascular disease. Apolipoprotein B (ApoB) is the main protein in atherogenic lipoproteins and a strong predictor of cardiovascular risk. Omega-3 fatty acids have been shown to reduce plasma triglycerides and total ApoB levels in individuals with metabolic syndrome. This study aims to analyze the effect of omega-3 administration on ApoB-100 levels in adolescents with obesity.

Methods: This study was an experimental study with a pre-and post-test design, conducted by health students from February to April 2025 in Makassar. A total of 90 individuals met the inclusion criterion of a body mass index (BMI) ≥ 25 kg/m². ApoB-100 levels were measured using the Human Apolipoprotein B1 ELISA Kit, and lipid profiles were assessed using an automated clinical chemistry analyzer with enzymatic colorimetric methods. 37 participants completed all procedures, divided into two groups: the control group (n=20), which received nutritional counseling, and the intervention group (n=17), which received 1200 mg omega-3 supplements daily for four weeks.

Results: The average age was 18.59 ± 0.62 years in the intervention group and 18.30 ± 0.57 years in the control group. In the intervention group, ApoB-100 levels significantly decreased from 1768.23 ± 335.18 to 1410.20 ± 191.03 ug/ml

($p < 0.001$). The control group showed an increase from 1582.29 ± 426.95 to 1760.29 ± 507.65 ug/ml ($p = 0.156$).

Conclusion: This study showed Omega-3 supplementation significantly reduced ApoB-100 levels in obese adolescents, suggesting its potential role in reducing cardiovascular risk.

KEYWORDS

Cardiovascular risk; lipid metabolism; nutritional intervention; polyunsaturated fatty acids; adolescent obesity.

INTRODUCTION

Obesity has become a growing public health concern, affecting over 600 million individuals globally, including more than 100 million children. Indonesia has also experienced a rising trend in adult obesity. According to *Riset Kesehatan Dasar* (Riskesdas) in 2018, the prevalence of obesity among individuals aged 18 years and older increased from 10.5% in 2007 to 21.8% in 2018. The data further revealed a prevalence of 17.9% in rural areas and 24.2% in urban regions¹⁻³. Obesity can occur due to lack of physical activity and high consumption of ultra-processed foods^{4,5}.

Obesity directly affects several organs responsible for metabolism, i.e. the pancreas, liver and adipocytes⁶. The severity of dyslipidemia often escalates with the degree of obesity, making it common for lipid metabolism disorders and dyslipidemia to coexist with excess body weight. This condition frequently results from a chronic imbalance between energy intake and expenditure. Disruptions in lipid absorption may contribute to dyslipidemia, characterized by elevated levels of low-density lipoprotein (LDL) and triglycerides (TGs),

Correspondencia:
Nurpudji Astuti Taslim
pudji_taslim@yahoo.com

along with reduced levels of high-density lipoprotein (HDL)^{7,8}. High triglyceride levels are a significant risk factor for cardiovascular disease⁹. Apolipoprotein B (ApoB), a key structural protein of atherogenic lipoproteins, serves as a reliable marker for the number of these particles in circulation¹⁰. There is a strong correlation between the likelihood of atherosclerosis and vascular disease and the accumulation of these particles^{7,8}.

Fish oil (FO), which contains the long-chain omega-3 fatty acids eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), has shown efficacy in lowering fasting and non-fasting plasma triglycerides as well as total ApoB-lipoprotein levels in individuals with metabolic syndrome. FO also helps reduce postprandial triglyceride spikes after high-fat meals. Meta-analyses have reported reductions of 15% to 45% in fasting TG and ApoB levels following fish oil supplementation¹¹. Therefore, this study aims to analyze the effect of omega-3 supplementation on ApoB-100 levels in adolescents with obesity as part of cardiometabolic risk assessment.

METHODS

Study Design

This study is an experimental study, parallel clinical trial with pre-post test design. This study was conducted at Hasanuddin University, Makassar, with the collection of research subjects in February to March 2025, then an intervention was carried out for 4 weeks from March 2025 to April 2025.

Participant

A total of 770 adolescent individuals were initially screened for eligibility to participate in this study. Following the screening process, 90 individuals met the inclusion criteria, which required participants to be new undergraduate students in a health-related program at Hasanuddin University for the 2024/2025 academic year, have a BMI ≥ 25 kg/m², and provide written informed consent to participate. Exclusion criteria included the presence of chronic illnesses, use of medications that affect lipid metabolism, current pregnancy or breastfeeding, recent participation in weight loss or insulin resistance programs (within the past 3 months), consumption of fish oil supplements in the past month, allergies to fish or fish oil, and diagnoses of diabetes mellitus or chronic heart or kidney disease. However, 50 participants were drop out.

As a result, 40 participants remained and were randomly assigned to one of two groups: 20 to the intervention group and 20 to the control (education) group. Participants were randomly assigned to intervention and control groups using the sealed opaque envelope method. Each envelope contained a pre-generated random allocation number, and was identical in appearance to ensure allocation concealment. Envelopes were shuffled and opened sequentially by the re-

search team only after participant enrollment, maintaining blinding and minimizing selection bias. During the course of the study, three participants in the intervention group declined to proceed with the research procedures, reducing the final number of participants in the intervention group to 17. Despite this attrition, data collection and analysis were completed for all remaining participants in both groups.

Research Ethics

The Health Research Ethics Commission of the Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, as well as the Education and Research Department of Dr. Wahidin Sudirohusodo General Hospital and Makassar Satellite/Network Hospital, approved this study with number 226/UN4.6.4.5.31/PP36/2025. All research participants signed an *informed consent* to participate with anonymity, and the confidentiality of the data was guaranteed.

Data collecting

At baseline, all participants completed the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) to evaluate their initial physical activity levels. However, throughout the duration of the study, no structured interventions were introduced to modify physical activity or regulate caloric intake. As a result, any effects of physical activity or dietary energy consumption on the study outcomes were not actively controlled or influenced.

Measurements were taken at both the beginning of the study and after the four-week intervention period. These included assessments of body weight, height, blood pressure, body mass index (BMI), waist and hip circumference, and waist-to-hip ratio, along with repeated physical activity assessments. In addition, body composition specifically visceral fat, muscle mass, bone mass, and fat mass was evaluated at the same two time points. Blood samples were collected to determine ApoB-100 levels. Lipid profile parameters, including triglycerides, HDL, LDL, and total cholesterol, were also measured at both time points.

Anthropometric Measurements

Height measurement was performed using GEA microtoise, and weight measurement was performed using a body weight scale. Body composition measurement used BIA (Bioelectric impedance analysis) (Tanita Body Fat Analyzer; Tanita Corporation of America Inc, Arlington Heights, IL, USA, model 730). All participants should to stand upright without shoes, and wearing clothes without carrying items (phone, wallets, keys, bags, or hats) facing forward, the back of the shoulders, buttocks and heels facing the wall with hand position at the side. Height and weight values were used to obtain BMI results. Waist and hip circumferences were measured using a measuring tape

Blood Pressure

Blood pressure data collection was obtained by measuring blood pressure using a digital sphygmomanometer (Omron, Schaumburg, IL, USA).

Measurement of ApoB-100

ApoB-100 levels were measured using Human Apolipoprotein B1 ELISA Kit Cat. No. E3768Hu from BT LAB with the Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) method. The measurement results were interpreted in microgram per milliliter ($\mu\text{g/ml}$). All participants had to fast for 12 hours before blood sampling. Blood sampling of participants is carried out by laboratory staff certified in phlebotomy. Then ApoB-100 analysis is carried out in the laboratory.

Biochemical Measurements

Fasting blood samples were obtained after 12 hour overnight fast, collected by certified medical personnel. Lipid profile parameters, including total cholesterol (TC), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), and triglycerides (TG), were measured using an automated clinical chemistry analyzer (e.g., Cobas 6000, Roche Diagnostics, Basel, Switzerland) employing enzymatic colorimetric methods, following the manufacturer's protocol. All assays were conducted in a certified clinical laboratory in compliance with established internal quality control procedures.

Omega-3 Supplementation

After the participants were enrolled, they were randomly assigned to one of two groups: the education group and the intervention group. The intervention group received an omega-3 supplement for a duration of four weeks, with a daily dosage of 1200 mg, which also included 400 mg of Fish Oil (18/12 EPA/DHA) and 15 mg of 100% d-alpha-tocopherol. In contrast, the control group received general nutritional guidance at the beginning of the study. The intervention group will receive reminder messages to consume an omega-3 and receive the monitoring paper that needs to be checked every day and collected every week.

Data analysis

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 29.0 was used for data analysis. Categorical variables were interpreted with frequency and percentage. Numerical variables were interpreted with mean and standard deviation. To analyze the effect of omega-3 administration on ApoB-100, bivariate analysis was used. First, Shapiro-Wilk normality tests were performed on numerical variables. To evaluate the effect of omega-3 supplementation on ApoB-100 and other metabolic parameters, both intra-group (within-group) and inter-group (between-group) comparisons were conducted. For in-

tra-group comparisons (pre- and post-intervention within the same group), the paired t-test was used for normally distributed data, and the Wilcoxon signed-rank test for non-normally distributed data. For inter-group comparisons (between intervention and control groups), the independent t-test was used for normally distributed data, and the Mann-Whitney U test for non-normally distributed data. In addition, a repeated measures analysis was performed to assess the interaction between time (pre- and post-intervention) and group (intervention vs. control), allowing for evaluation of intra-group and inter-group changes over time. The 95% Confidence Interval (CI95%) was used in this study, and a p-value of less than 0.05 was considered significant.

RESULTS

The study included 17 participants in the intervention group and 20 participants in the control group. The process of selecting study subjects is illustrated in Figure 1, while Table 1 presents the demographic and baseline characteristics of the respondents.

There were no significant differences between the intervention and control groups in terms of age, BMI, waist circumference, hip circumference, waist-to-hip ratio, fat mass, muscle mass, bone mass, physical activity level, blood pressure, and obesity classification. However, significant differences were observed between the two groups in body weight ($p=0.018$), height ($p=0.040$), visceral fat ($p=0.033$), cellular age ($p=0.043$), and parental history of metabolic syndrome ($p=0.048$), as presented in Table 1. At baseline there were no significant differences ApoB-100, HDL-C, LDL-C, and TG level between the intervention and control groups. However, there was a significant difference in total cholesterol ($p=0.028$) in table 2.

Table 3 showed different results between the groups, before receiving omega-3 supplementation, the intervention group had a mean ApoB-100 level of 1768.23 ± 335.18 , which significantly decreased to 1410.20 ± 191.03 after the intervention ($p = 0.000$). In contrast, the control group showed an increase in mean ApoB-100 levels from 1582.29 ± 426.95 at the first measurement to 1760.29 ± 507.65 at the second, with no statistically significant difference observed ($p = 0.156$). These results indicate a significant association between omega-3 supplementation and changes in ApoB-100 levels ($p = 0.000$), as levels declined in the intervention group but increased in the control group. Regarding lipid profiles, the intervention group exhibited significantly lower levels of total cholesterol, LDL cholesterol, and triglycerides compared to the education group ($p=0.039$, $p=0.001$, and $p=0.045$, respectively). However, the increase in HDL cholesterol levels in the intervention group compared to the control group narrowly missed statistical significance ($p=0.050$).

Table 4 showed significant differences in body composition and metabolic parameters between the intervention and con-

Table 1. Participants Characteristics

Variable		Group		Total	p-value
		Intervention (n=17)	Control (n=20)		
		Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD		
Age (17-20 years)		18.59 $\pm$ 0.62	18.30 $\pm$ 0.57	18.3 $\pm$ 0.60	0.189 ^a
Weight (kg)		69.06 $\pm$ 9.56	78.5 $\pm$ 13.59	74.16 $\pm$ 12.68	0.018 ^{b*}
Height (cm)		154.22 $\pm$ 3.98	157.69 $\pm$ 5.61	156.09 $\pm$ 5.17	0.04 ^{a*}
Body Mass index (kg/m ²)		28.94 $\pm$ 3.84	30.70 $\pm$ 3.93	29.89 $\pm$ 3.94	0.059 ^a
Waist Circumference (cm)		85.79 $\pm$ 7.57	90.83 $\pm$ 12.19	88.62 $\pm$ 9.88	0.251 ^b
Hip Circumference (cm)		103.06 $\pm$ 7.05	106.8 $\pm$ 7.87	104.93 $\pm$ 7.46	0.183 ^b
Waist-Hip Ratio		0.93 $\pm$ 0.19	0.90 $\pm$ 0.17	0.915 $\pm$ 0.18	0.988 ^b
Body composition (BIA)					
Fat Mass %		38.88 $\pm$ 3.90	41.32 $\pm$ 4.92	40.20 $\pm$ 4.62	0.080 ^b
Muscle Mass %		39.55 $\pm$ 3.15	41.76 $\pm$ 3.88	40.74 $\pm$ 3.69	0.069 ^a
Visceral Fat %		6.79 $\pm$ 2.15	8.07 $\pm$ 1.88	7.48 $\pm$ 2.08	0.033 ^{b*}
Bone Mass %		2.53 $\pm$ 0.30	2.74 $\pm$ 0.37	2.64 $\pm$ 0.35	0.076 ^a
Biological Age (years)		29.35 $\pm$ 3.52	31.50 $\pm$ 2.61	30.51 $\pm$ 3.20	0.043 ^{b*}
History of metabolic syndrome in parents	Yes	5	5	10	0.048 ^{b*}
		29.4%	25.0%	27.0%	
	No	8	3	11	
		47.1%	15.0%	29.7%	
	Don't Know	4	12	16	
		23.5%	60.0%	43.2%	
Physical activity (IPAQ)	Light	0	4	4	0.062 ^b
		0.0%	20.0%	10.8%	
	Moderate	9	12	21	
		52.9%	60.0%	56.8%	
	Heavy	8	4	12	
		47.1%	20.0%	32.4%	

^a Independent T-Test; ^b Mann-Whitney test; * p $\leq$ 0,05 considered Significant.

Table 1 continuation. Participants Characteristics

Variable		Group		Total	p-value
		Intervention (n=17)	Control (n=20)		
		Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD		
Blood pressure (mmHg)	Normal	16	18	34	1.00 ^b
		94.1%	90.0%	91.9%	
	High	1	2	3	
		5.9%	10.0%	8.1%	
Obesity Category	Obesity 1	12	12	24	0.744 ^b
		70.6%	60.0%	64.9%	
	Obesity 2	5	8	13	
		29.4%	40.0%	35.1%	
Total		17	20	37	
		100.0%	100.0%	100.0%	

^a Independent T-Test; ^b Mann-Whitney test; * p $\leq$ 0,05 considered Significant.

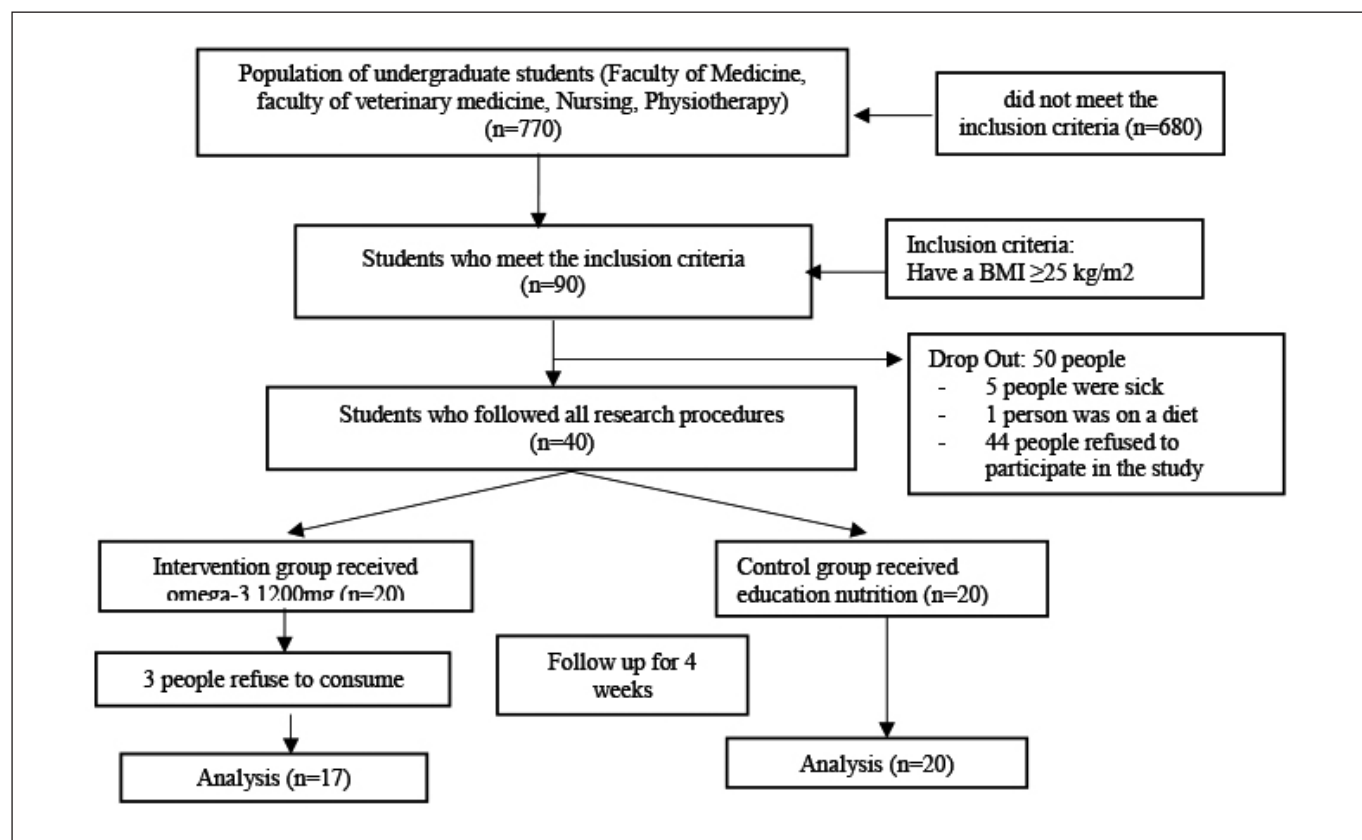
**Figure 1.** Selection of Research Subjects

Table 2. Apolipoprotein B100 and lipid profile level at baseline

Variable	Intervention (n=17)	Control (n=20)	p-value
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	
ApoB-100	1768.23 $\pm$ 335.18	1582.29 $\pm$ 426.95	0.155 ^a
Total Cholesterol	171.12 $\pm$ 29.62	193.55 $\pm$ 29.66	0.028 ^{a*}
HDL-C	44.47 $\pm$ 7.70	48.45 $\pm$ 18.75	0.963 ^b
LDL-C	109.00 $\pm$ 30.42	126.80 $\pm$ 30.87	0.087 ^a
TG	96.06 $\pm$ 27.32	119.35 $\pm$ 59.49	0.352 ^b

^a Independent T-Test; ^b Mann-Whitney test; * p-value $\leq$ 0.05 was considered significant; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; TG: triglycerides.

Table 3 . Effect of Omega-3 Administration on Apolipoprotein B100 and Lipid Profile

	Group	Pre-Test	Post-Test	p-value within group	p-value between group ^c
		Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD		
ApoB-100	Intervention	1768.23 $\pm$ 335.18	1410.20 $\pm$ 191.03	0.000 ^{a*}	0.000 [*]
	Control	1582.29 $\pm$ 426.95	1760.29 $\pm$ 507.65	0.156 ^b	
Total Cholesterol	Intervention	171.12 $\pm$ 29.62	169.65 $\pm$ 24.45	0.585 ^a	0.039 [*]
	Control	193.55 $\pm$ 29.66	206.05 $\pm$ 32.83	0.021 ^a	
HDL-C	Intervention	44.47 $\pm$ 7.70	50.24 $\pm$ 7.99	0.000 ^a	0.050
	Control	48.45 $\pm$ 18.75	48.10 $\pm$ 9.17	0.025 ^b	
LDL-C	Intervention	109.00 $\pm$ 30.42	102.35 $\pm$ 25.14	0.004 ^a	0.001 [*]
	Control	126.80 $\pm$ 30.87	141.70 $\pm$ 33.08	0.022 ^a	
TG	Intervention	96.06 $\pm$ 27.32	89.82 $\pm$ 26.50	0.275 ^a	0.045 [*]
	Control	119.35 $\pm$ 59.49	126.85 $\pm$ 46.66	0.084 ^b	

^a Paired T-Test; ^b Wilcoxon Signed Rank Test; ^c Mann-Whitney U with correction; * p-value $\leq$ 0.05 was considered significant; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; TG: triglycerides.

trol groups. The intervention group displayed significant reduction in visceral fat and fat mass compared to the education group ($p < 0.001$ for both parameters). However, no significant differences were observed between the groups regarding muscle mass ($p = 0.152$) or bone mass ($p = 0.057$), indicating that these parameters remained relatively stable across both interventions. Cell age measurements revealed a significantly lower value in the intervention group compared to the control group ($p = 0.004$), suggesting improved cellular health outcomes. Anthropometric measurements indicated that the in-

tervention group achieved significantly smaller waist and hip circumferences than the control group ($p < 0.001$ for both measurements), although the waist-hip ratio showed no significant difference between groups ($p = 0.620$).

DISCUSSION

The study indicates a significant link between omega-3 supplementation and ApoB-100 levels in adolescent with obesity. Specifically, ApoB-100 levels continue to rise in the group receiving only educational intervention, whereas a re-

Table 4. Effect of Omega-3 Administration on anthropometric measurements and body composition

	Group	Pre-Test	Post-Test	p-value within group	p-value between group
		Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD		
Weight	Intervention	69.06 $\pm$ 9.56	68.22 $\pm$ 9.70	0.000 ^{d*}	0.000 ^{b*}
	Control	78.50 $\pm$ 13.59	77.22 $\pm$ 13.19	0.093 ^d	
BMI	Intervention	28.94 $\pm$ 3.85	28.55 $\pm$ 3.97	0.001 ^{d*}	0.000 ^{a*}
	Control	30.71 $\pm$ 3.94	30.88 $\pm$ 4.00	0.074 ^d	
Fat Mass	Intervention	38.88 $\pm$ 3.90	38.45 $\pm$ 3.88	0.002 ^{d*}	0.000 ^{b*}
	Control	4132 $\pm$ 4.98	41.37 $\pm$ 5.04	0.206 ^c	
Muscle Mass	Intervention	39.55 $\pm$ 3.15	39.64 $\pm$ 3.04	0.416 ^c	0.152 ^b
	Control	41.76 $\pm$ 3.88	41.78 $\pm$ 3.85	0.330 ^c	
Visceral fat	Intervention	6.79 $\pm$ 2.15	6.63 $\pm$ 2.07	0.008 ^{c*}	0.001 ^{b*}
	Control	8.07 $\pm$ 1.88	8.14 $\pm$ 1.97	0.285 ^d	
Bone Mass	Intervention	2.53 $\pm$ 0.30	2.55 $\pm$ 0.28	0.104 ^c	0.057 ^b
	Control	2.74 $\pm$ 0.37	2.74 $\pm$ 0.37	1.000 ^d	
Biological Age	Intervention	29.35 $\pm$ 3.52	28.94 $\pm$ 3.51	0.014 ^{c*}	0.004 ^{b*}
	Control	31.50 $\pm$ 2.61	31.50 $\pm$ 2.61	1.000 ^d	
Waist	Intervention	85.79 $\pm$ 7.57	83.61 $\pm$ 12.80	0.026 ^{d*}	0.000 ^{b*}
	Control	90.83 $\pm$ 12.19	91.04 $\pm$ 12.30	0.000 ^{c*}	
Hip	Intervention	103.06 $\pm$ 7.05	102.84 $\pm$ 7.03	0.006 ^c	0.000 ^{b*}
	Control	106.80 $\pm$ 7.87	106.92 $\pm$ 7.96	0.027 ^d	
Waist-Hip Ratio	Intervention	0.93 $\pm$ 0.19	0.81 $\pm$ 0.12	0.723 ^d	0.620 ^a
	Control	0.90 $\pm$ 0.17	0.85 $\pm$ 0.08	0.550 ^d	

^a Independent T-Test; ^b Mann-Whitney; ^c Paired T-Test; ^d Wilcoxon Signed Rank Test; * p-value $\leq$ 0.05 was considered significant; BMI: Body mass index.

duction is observed following omega-3 supplementation. These results are in line with those of Ferchaud et al., who reported that omega-3 intake may decrease ApoB-100 levels ($p = 0.028$)¹². Similarly, Jun et al. found that omega-3 treatment lowered ApoB-100 levels in individuals with type 2 diabetes, along with changes in LDL and adiponectin levels ($p = 0.028$)¹¹. However, it is important to note that several studies have questioned the immediate impact of omega-3 supplementation on blood cholesterol levels, particularly total cholesterol and LDL-C. Meta-analyses have shown that significant lipid-lowering effects often require higher doses

(≥ 2 g/day) or longer durations of supplementation. For example, Wang et al.¹³ found that higher doses of omega-3 was associated with a near-linear reduction in triglycerides, similarly Lu et al.¹⁴ reported omega-3 (fish oil) supplementation significantly reduced triglycerides after 12 weeks administration. Another meta-analysis by Yang et al.¹⁵ found that omega-3 monotherapy significantly reduced triglycerides and non-HDL cholesterol but increased LDL-C levels, suggesting a complex lipid response. These findings suggest that the effects observed in this study may be dose-dependent and should be interpreted with caution.

ApoB-100, a protein composed of 4,536 amino acids, plays a key role as the primary ligand for LDL receptor-mediated clearance of LDL particles from the bloodstream and is essential for the liver's production of VLDL¹⁶. Substantial research has shown that elevated levels of ApoB-100 are a significant risk factor for coronary heart disease (CHD), with higher concentrations correlating with an increased likelihood of developing the condition¹⁷. Therefore, reducing ApoB-100 levels is a critical strategy in lowering CHD risk¹⁸. In this study, participants in the intervention group received a daily dose of 1,200 mg of omega-3 for four weeks. Omega-3 polyunsaturated fatty acids (ω 3 PUFAs) including docosahexaenoic acid (DHA), eicosapentaenoic acid (EPA), and alpha-linolenic acid (ALA) have been recognized as an effective means of lowering cholesterol^{13,19}.

Omega-3 fatty acids may lower ApoB-100 levels by reducing triacylglycerol synthesis and enhancing mitochondrial fatty acid oxidation²⁰. In hepatocytes, ApoB-100 production is largely influenced by the availability of liver fatty acids and triacylglycerols²¹. Omega-3s inhibit triacylglycerol formation primarily by decreasing the activity of acyl-CoA:1,2-diacylglycerol acyltransferase and promoting the oxidation of triacylglycerols. Their triglyceride-lowering effect is associated with reduced production of VLDL, especially the VLDL1 subclass¹⁶.

The intake of omega-3 fatty acids stimulates an increase in α receptors via activation by peroxisome proliferators, which enhances hepatic uptake and oxidation of free fatty acids, as well as boosts fatty acid oxidation in skeletal muscle. This process leads to a reduced supply of free fatty acids, consequently decreasing ApoB-100 synthesis²². Furthermore, high doses of omega-3 over prolonged periods may induce endoplasmic reticulum stress, which can limit ApoB-100 production by suppressing its translation or promoting its degradation through both proteasomal and non-proteasomal pathways²¹.

Liver levels of sphingosine, sphinganine, and ceramide play a key role in ApoB-100 production. When the levels of these lipids are reduced an effect that can be achieved through omega-3 supplementation ApoB-100 synthesis also declines¹². Docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA), components of omega-3, exert atheroprotective effects through several mechanisms: enhancing the intracellular breakdown of ApoB-100-containing lipoproteins, inhibiting hepatic ApoB-100 production, promoting the clearance of plasma triglycerides via lipoprotein lipase, accelerating the conversion of VLDL to LDL, reducing LDL synthesis, and lowering postprandial lipemia²³.

In addition, multiple studies have demonstrated that omega-3 fatty acids regulate gene expression involved in limiting fatty acid synthesis. Since the formation of triacylglycerols is essential for VLDL secretion, inhibiting fatty acid and triacylglycerol synthesis may lead to increased degradation of

ApoB-100²⁴. These findings are consistent with this study, which observed significant changes in triglyceride, LDL, and total cholesterol levels after omega-3 supplementation. However, HDL levels remained relatively unchanged, possibly because HDL particles do not carry ApoB-100¹⁶. Fish oil supplements also aid in LDL clearance, which may be due to reduced expression of LDL receptors or decreased binding affinity of LDL for its receptor. Additionally, omega-3 fatty acids can alter LDL's physicochemical properties, making it more prone to oxidation²⁴.

Rukman et al. reported a possible link between apolipoprotein B levels and visceral obesity²⁵. Data from a larger cross-sectional study showed that a reduction in visceral fat was associated with normalization of apolipoprotein B levels. In the current study, omega-3 supplementation led to a significant reduction in both visceral fat and overall fat mass. A decrease in apolipoprotein B100 which plays a role in fat accumulation can contribute to the reduction of visceral fat and total fat mass²⁶. As fat accumulation decreases, there is also a corresponding decline in body weight and body measurements, including waist and hip circumference²⁷.

However, this study has several limitations, one notable limitation of this study is the high attrition rate. Although 770 adolescents were initially screened, only 90 met the inclusion criteria, and ultimately just 37 participants completed the study procedures. This substantial reduction in sample size may limit the generalizability of the findings and reduce statistical power. The dropout was primarily due to refusal to participate, illness, and other personal reasons. Future studies should consider strategies to improve participant retention, such as extended follow-up, incentives, or more flexible scheduling. Another limitation of this study is the composition of the supplement used in the intervention group, which contained not only omega-3 fatty acids but also vitamin E (d-alpha-tocopherol). While the study aimed to evaluate the effects of omega-3 on ApoB-100 and lipid profiles, the presence of vitamin E a known antioxidant may have contributed to the observed outcomes. Therefore, the effects cannot be attributed exclusively to omega-3 supplementation. Future studies should consider using pure omega-3 formulations or include a separate group receiving vitamin E alone to better isolate the specific effects of each component. Other limitations of this study include its short duration and the lack of assessment of participants' caloric intake, both of which could influence ApoB-100 levels and potentially affect the study outcomes. Further research with longer intervention periods and controlled dietary intake is necessary to confirm these findings.

CONCLUSION

This study demonstrates that omega-3 supplementation significantly reduces ApoB-100 levels, total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, visceral fat, and overall fat mass in obese adolescents, suggesting its potential role in lowering car-

diovascular risk. However, the findings should be interpreted with caution due to several limitations, including the small final sample size, short intervention duration, and the inclusion of vitamin E in the supplement, which may have contributed to the observed effects. Additionally, the lack of dietary intake assessment and the absence of repeated measures analysis may affect the robustness of the conclusions. Future studies with larger sample sizes, longer intervention periods, and more controlled designs are needed to confirm these results and isolate the specific effects of omega-3 fatty acids.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to express their sincere gratitude to the Faculty of Medicine, Hasanuddin University, for the support and facilities provided throughout the study. We also thank all the students who participated in this research and the laboratory staff for their assistance in sample collection and analysis. Special appreciation is extended to the academic and administrative teams who contributed to the coordination and implementation of the intervention. This study would not have been possible without their valuable contributions.

REFERENCES

- Gaskin CJ, Cooper K, Stephens LD, Peeters A, Salmon J, Porter J. Clinical practice guidelines for the management of overweight and obesity published internationally: A scoping review. *Obes Rev*. 2024;25(5).
- Radyaputri A, Gaskin CJ, Cooper K, Stephens LD, Peeters A, Salmon J, et al. Exploring the Impact of Gender and BMI on Apolipoprotein B in Adult Subjects. *J Clin Lipidol*. 2024;12(4):165–70.
- Indonesia KKR. Survei Kesehatan Indonesia Tahun 2023 [Internet]. Vol. 11, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2024. 1–14 p. Available from: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Taslim NA, Handayani ND, Arruan W, Aminuddin, Bukhari A, Faradillah A, et al. Dietary Patterns and Ultra-Processed Foods Consumption in Modern and Traditional Populations in South Sulawesi: An Analysis of Nutritional Status and Body Composition. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2023;43(1):90–8.
- Arruan W, Bukhari A, Handayani ND, Taslim NA, Faradilah A, Aminuddin. The relationship of physical activity with nutritional status and body composition in traditional and modern populations in South Sulawesi, Indonesia. *Nutr Clin y Diet Hosp* [Internet]. 2024;44(3):204–11. Available from: <https://doi.org/10.12873/443arruan>
- Faradilah A, Bukhari A, Aminuddin A, Syaiki AY. The role of obesity in altering the effects of short chain fatty acids (SCFA) on metabolic hormone regulation: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr Open Sci* [Internet]. 2025;60:181–99. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2025.01.011>
- Radyaputri A. The Relationship of Apolipoprotein B and Major Adverse Cardiovascular Events (MACE) in Patients with Coronary Heart Disease as a Prognostic Factor: A Literature Review. *Scr SCORE Sci Med J*. 2024;5(2):165–70.
- Dorobanțu M, Halațiu VB, Gheorghe Fronea O, Bala CG, Moldovan H, Irinel-Parepa R, et al. The Association Between Apolipoprotein B, Cardiovascular Risk Factors and Subclinical Atherosclerosis—Findings From the SEPHAR National Registry on Hypertension in Romania. *Int J Mol Sci*. 2023;24(3):2813.
- Hayat Y, Rasyid H, As'Ad S, Taslim NA, Syaiki Y, Bukhari A. The Nusantara Diet of Makassar on the ratio of triglyceride to HDL on the risk of cardiovascular disease in individuals with the risk of metabolic syndrome. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2024;44(4):60–4.
- Huang M, Zheng J, Chen L, You S, Huang H. Role of apolipoproteins in the pathogenesis of obesity. *Clin Chim Acta*. 2023;545.
- Jun H, Ko J, Jung H, Yoon C, Kim T, Kwon M, et al. Effect of omega-3 fatty acids on low density lipoprotein subfraction, adiponectin, and apolipoprotein B in type 2 diabetic patients. *Endocrinol mETAB*. 2011;26(3):218–24.
- Ferchaud-Roucher V, Zair Y, Aguesse A, Krempf M, Ouguerram K. Omega 3 improves both apoB100-containing lipoprotein turnover and their sphingolipid profile in hypertriglyceridemia. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105(10):3152–64.
- Wang T, Zhang X, Zhou N, Shen Y, Li B, Chen BE, et al. Association Between Omega-3 Fatty Acid Intake and Dyslipidemia: A Continuous Dose–Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Am Heart Assoc*. 2023;12(11).
- Lu J, Liu R, Ren H, Wang S, Hu C, Shi Z, et al. Impact of omega-3 fatty acids on hypertriglyceridemia, lipidomics, and gut microbiome in patients with type 2 diabetes. *Med* [Internet]. 2025 Jan 10 [cited 2025 Aug 27];6(1):100496. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666634024003064>
- Yang Y, Deng W, Wang Y, Li T, Chen Y, Long C, et al. The effect of omega-3 fatty acids and its combination with statins on lipid profile in patients with hypertriglyceridemia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Nutr*. 2022;9(October).
- Devaraj S, Semaan JR, Jialal I. Biochemistry, Apolipoprotein B. *StatPearls* [Internet] Treasure Isl StatPearls Publ [Internet]. 2023; Available from: <file:///D:/Work/2025/Manuskrip/Manuskrip Zurraida/Jurnal/8. Devaraj.htm>
- Galimberti F, Casula M, Olmastroni E. Apolipoprotein B compared with low-density lipoprotein cholesterol in the atherosclerotic cardiovascular diseases risk assessment. *Pharmacol Res* [Internet]. 2023;195(6):106873. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2023.106873>
- Gunawan AD, Bardosono S, Mudjihartini N. Association between apolipoprotein B and dietary fibers. *World Nutr J* [Internet]. 2021;4(2):73–83. Available from: <https://doi.org/10.25220/wnj.v04.i2.0010>

19. National Institutes of Health N. Omega-3 fatty acids Fact sheet for consumers. Natl Institutes Heal. 2018;1–3.
20. Chan DC, Watts GF, Mori TA, Barrett PHR, Redgrave TG, Beilin LJ. Randomized controlled trial of the effect of n-3 fatty acid supplementation on the metabolism of apolipoprotein B-100 and chylomicron remnants in men with visceral obesity. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2003;77(2):300–7. Available from: <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.2.300>
21. Caviglia JM, Gayet C, Ota T, Hernandez-Ono A, Conlon DM, Jiang H, et al. Different fatty acids inhibit apoB100 secretion by different pathways: Unique roles for ER stress, ceramide, and autophagy. *J Lipid Res* [Internet]. 2011;52(9):1636–51. Available from: <https://doi.org/10.1194/jlr.M016931>
22. Shidfar F, Keshavarz A, Hosseini S, Ameri A, Yarahmadi S. Effects of omega-3 fatty acid supplements on serum lipids, apolipoproteins and malondialdehyde in type 2 diabetes patients. *East Mediterr Heal J* [Internet]. 2008;14(2):305–13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18561722/>
23. Chang JPC, Tseng PT, Zeng BS, Chang CH, Su H, Chou PH, et al. Safety of Supplementation of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Adv Nutr* [Internet]. 2023;14(6):1326–36. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.08.003>
24. Ouguerram K, Maugeais C, Gardette J, Magot T, Krempf M. Effect of n-3 fatty acids on metabolism of apoB100-containing lipoprotein in type 2 diabetic subjects. *Br J Nutr* [Internet]. 2006;96(01):100. Available from: <https://doi.org/10.1079/bjn20061806>
25. Manapurath RM, Hadaye R, Gadapani B. Normal Weight Obesity: Role of apoB and Insulin Sensitivity in Predicting Future Cardiovascular Risk. *Int J Prev Med* [Internet]. 2022;13:1–4. Available from: <https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM>
26. Kim HJ, Lee HJ, Choi JS, Han J, Kim JY, Na HK, et al. An apolipoprotein B100 mimotope prevents obesity in mice. *Clin Sci* [Internet]. 2016;130(2):105–16. Available from: <https://doi.org/10.1042/CS20150423>
27. Ogbodo EC, Onah CE, Meludu SC, Ogbodo MC, Ezeugwunne IP, Ehiage FA, et al. Anthropometric Indices, Blood Pressure and Some Apolipoproteins in older Adults in Nnewi, Southeast Nigeria. *African J Biomed Res* [Internet]. 2024;27(1):39–47. Available from: <https://doi.org/10.4314/ajbr.v27i1.5>

Nutrition Literacy Status of individuals with and without eliac disease

Irem Olcay EMINSOY¹, Emel Aydan BAHADIR, Muzaffer Gokhan EMINSOY, Seren KAYA, Goksu CELIK, Aleyna DODA, Berfin KOSE

1 Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Baskent University, Ankara, Turkey.

Recibido: 30/junio/2025. Aceptado: 23/septiembre/2025.

ABSTRACT

Background: Celiac disease (CD) is a chronic autoimmune disorder that requires lifelong adherence to a gluten-free diet (GFD). Nutrition literacy (NL), defined as the ability to access, understand, and apply nutrition information, is crucial for achieving adequate dietary adherence and maintaining long-term health in these patients.

Objective: This study aimed to assess NL levels in adults with CD compared to healthy controls.

Methods: A cross-sectional, online survey was conducted between February and June 2024. Demographic data and NL were assessed using the Evaluation Instrument of Nutrition Literacy in Adults (EINLA). A total of 458 adults participated (228 with CD and 230 healthy controls), aged 19–64 years. Independent t-tests, chi-square tests, and regression analyses were applied to examine differences and predictors of NL.

Results: The mean age of the total sample was 36.7 ± 12.4 years; participants with CD were slightly younger (35.9 ± 11.8 years) compared to controls (37.5 ± 13.0 years). The mean EINLA score of the overall sample was 23.8 ± 5.6 . Healthy controls had significantly higher scores (24.9 ± 5.4) than CD patients (22.6 ± 5.7 ; $p < 0.05$). Most participants in both groups were classified as having borderline NL: 94.3% in the CD group and 87.8% in the control group. Adequate NL was more frequent among healthy controls (12.2%) compared to CD patients (5.7%). Regression analysis identified

gender and CD status as significant predictors of NL, with women and controls showing relatively higher literacy levels.

Conclusion: Both CD patients and healthy adults demonstrated predominantly borderline NL, with significantly lower scores among CD patients. These findings underscore the need for dietitian-led, targeted education programs to strengthen nutritional knowledge, improve dietary adherence to the GFD, and enhance long-term health outcomes.

KEYWORDS

Adults nutrition literacy; celiac disease; dietary habits; gluten free diet; nutritional knowledge.

INTRODUCTION

Celiac Disease (CD) is a multisystem autoimmune disease characterized by immune-mediated damage to the small intestine following gluten consumption in genetically susceptible individuals^{1,2}. CD is characterized by clinical polymorphism, with classic, asymptomatic oligosymptomatic, and extra-intestinal forms, which may lead to diagnostic delay and exposure to serious complications³. However, the factors that lead to the development of CD remain unknown. Once diagnosed, CD remains a lifelong medical condition with no cure. The only approved treatment is the complete elimination of gluten from foods, beverages, and medications. The main goals of celiac nutritional therapy are optimal health, growth, and development; malabsorption that may lead to accompanying diseases such as anemia, osteopenia, or osteoporosis; and nutritional deficiency that may occur in prevention and treatment¹. A gluten-free diet (GFD) should meet the recommended nutritional goals for energy and nutrients, like the general population⁴. A gluten-free diet can improve quality of life, gastrointestinal health, and treat symptoms. Improvement in antibodies and inflammatory and

Correspondencia:
Irem Olcay Eminsoy
iolcay@baskent.com

immunological indicators related to CD is achieved by adhering to this dietary model¹. The typical intake of a patient on a gluten-free diet is generally low in complex carbohydrates and proteins, and high in fat and simple carbohydrates. Conventional gluten-free foods have a higher caloric content, causing patients to gain weight when adhering to a gluten-free diet, even though they do not change food intake. The types of flour and starch used in gluten-free foods result in high carbohydrate intake with low fiber and high sugar content in gluten-free diets².

Nutritional deficiencies in CD are often due to nutritional deficiencies in gluten-free foods and incorrect behavior⁵. Although a gluten-free diet is the only management strategy for CD, strict adherence to the diet varies from 42% to 91%. Inadequate education is one of the factors that affect adherence⁶.

Health literacy is defined as "the degree to which individuals can obtain, process, and understand health information and services needed to make appropriate health decisions"⁷. Patients, especially in the first years after diagnosis, need expert care and guidance to navigate their dietary and treatment options and manage the disorder, as well as related social and nutritional challenges⁸. Nutrition literacy (NL) is defined as an individual's ability to access, understand, interpret, and apply basic nutrition-related information and services to promote and maintain good health. NL requires highly complex cognitive skills as it requires skills related to nutrition and food principles⁹. In a study conducted on 104 celiac patients, 65% of the patients strictly adhered to a gluten-free diet. It was determined that patients' knowledge of CD and gluten-free diets was generally inadequate. The relationship between CD and gluten-free diet knowledge and compliance with the diet has been suggested to encourage education and behavioral programs¹⁰. This highlights gaps that need to be addressed in current clinical practice and management of patients with CD. Counseling should include a detailed analysis of an individual's food environment rather than simply providing information about food. It is necessary to recognize and understand these barriers and support systems to help patients develop strategies to address their social situations¹¹. This study aimed to examine the nutritional literacy level of individuals with and without celiac disease.

MATERIALS AND METHODS

This study is a cross-sectional, online survey developed to collect data for the study group (CD group), remote online interviews were conducted with celiac associations and foundations in some cities in Turkey. The questionnaire consists of some personal questions and the Evaluation Instrument of Nutrition Literacy on Adults (EINLA) scale with and without CD between 15 February - 15 June 2024. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board of

BASKENT UNIVERSITY (KA23/404.17.01.2024) for studies involving humans.

The study was conducted with 630 participants between the ages of 19 and 64, 107 of whom were excluded from the study because they had chronic disease, and 65 participants were excluded because they gave incomplete answers. In the power analysis conducted on the investigation of NL in individuals with and without celiac disease, it was found appropriate to work with at least 328 individuals (similar in terms of age $p > 0.05$) with 5% type I error probability and 95% power probability (effect size = 0.40). The study was conducted with 458 participants. The study group consisted of 228 patients with CD group, and the control group (healthy) consisted of 230 patients without CD. A flowchart of the participant recruitment process is shown in Fig. 1. The inclusion criteria were as follows; not having any chronic disease for the healthy group, not having any chronic disease except celiac disease for celiac patients and celiac disease was diagnosed by doctor, not being pregnant, not use of medications that affect nutritional status and voluntary participation. The clinical diagnosis of CD and the anthropometric data (BMI) were self-reported.

The questionnaire was divided into two primary sections as demographic, anthropometric, and diagnostic questions, and the Evaluation Instrument of Nutrition Literacy on Adults (EINLA). The Evaluation Instrument of Nutrition Literacy on Adults developed to assess the development of Nutrition Literacy was applied to 266 in Turkey. EINLA consists of 35 questions upon the completion of factor analysis conducted to assess construct validity, but one of the items (item 1) in the assessment tool was determined to have load factors greater than 0.30, and the tool was considered to have a 5-factor structure. The correlation coefficient was found to be 0.85 using the test-retest method. The Cronbach's alpha reliability coefficient of the assessment tool was 0.75. The first section included items on general nutrition information, the second section on reading comprehension and interpretation, the third section on food groups, the fourth section on serving sizes, and the fifth section on how to read food labels and the ability to do simple calculations. While each correct answer was given one point, unanswered or incorrectly answered items were given 0 points. When the nutrition literacy level was graded, a total score between 0 and 11 was considered insufficient, between 12 and 23 as borderline, and between 24 and 35 as sufficient⁹.

In comparisons between groups, the characteristics of the participants were compared using the Pearson chi-square test for categorical variables and Student's t-test and analysis of variance (ANOVA) for continuous variables. Data were presented as percentages (%) and absolute values (n) for categorical variables and as mean and Standard Deviation (SD) for continuous variables. Multiple linear regression analysis was conducted with adjustments for age, gender, celiac dis-

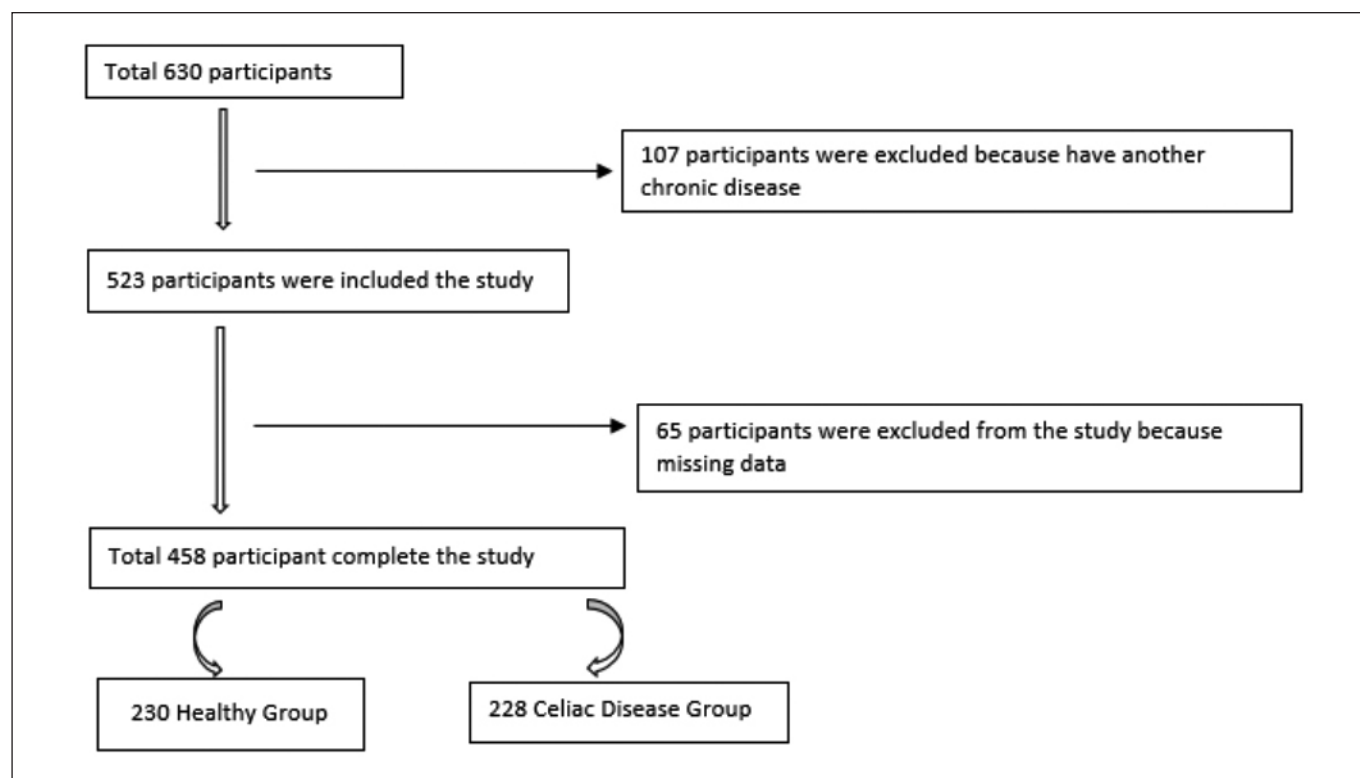


Figure 1. Flow chart of the recruitment of the participants

ease, and Body Mass Index (BMI) to assess factors related to nutrition literacy. The results from the multiple linear regression analysis are presented as β (standardized coefficients beta) $\pm$ SE (standard error).

RESULTS

Demographics of Celiac Patients and Healthy Group

The study was conducted on total 458 people, which 228 (203 women, and 25 men) with CD, and 230 (157 women and

73 men) without CD. The average age of women in the study and healthy groups was 33.9 ± 8.65 and 3.6 ± 11.60 years, respectively ($p > 0.05$), while the average age of men was 34.8 ± 11.48 and 34.8 ± 12.28 years ($p > 0.05$). There is no statistical difference between the body weights and BMI of men and women in the CD and healthy groups. The average height of women in the healthy group was 166.7 ± 5.60 cm, while the average height of women in the CD group was 162.6 ± 5.96 cm. The difference was found to be statistically significant ($p < 0.05$). The anthropometric data (BMI) were self-reported and shown in Table 1.

Table 1. Age and anthropometric measurement of participants

Age and anthropometric measurement	CD Group				Healthy Group				p ¹	p ²
	Women (n=203)		Men (n=25)		Women (n=157)		Men (n=73)			
	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS		
Age (year)	33.9	8.65	34.8	11.48	32.6	11.6	34.7	12.28	0.202	0.956
Height (cm)	162.6	5.96	174.8	6.56	166.7	5.6	179.5	7.46	0.000*	0.006*
Weight (kg)	60.2	12.3	74.7	11.76	62.9	10.8	87.5	16.18	0.031*	0.000*
BMI (kg/m ²)	27.7	4.31	24.4	3.52	22.6	3.97	27.1	4.51	0.848	0.004*

The educational status of women and men with CD was analyzed, and it was found that 71.9% and 80%, respectively, and 66.2% and 75.3% of healthy women and men, respectively, were university graduates ($p > 0.05$).

Among the participants, 19.7% reported being diagnosed through antibody testing, 27.2% through biopsy, 3.9% through genetic testing, 45.6% through endoscopy, and 7.5% through other methods. Regarding the time since diagnosis, 18.0% of the patients had been diagnosed within the past year, 34.6% between 1 and 5 years ago, 22.4% between 6 and 10 years ago, and 25.0% more than 10 years ago. A small proportion of patients (0.9%) stated that they had not received any dietary advice. In terms of adherence, 54.4% reported difficulties in following a gluten-free diet, while 5.7% indicated that they were not following any diet at all. Dietary guidance was most commonly received from physicians (42.1%) and dietitians (39.0%), whereas 13.1% reported obtaining dietary advice from other healthcare professionals or alternative sources.

Nutrition literacy knowledge

The mean EINLA scores of individuals with and without CD were examined in Table 2. Mean scores of 'general nutrition', 'serving sizes', and 'food labels and ability to do simple calcu-

lations' were found to be lower in women with CD than in healthy women ($p < 0.05$). Reading comprehension and interpretation and food groups were examined, and no statistically significant difference was found between or within groups. Among healthy individuals, the mean scores of 'general nutrition', 'serving sizes', and 'food labels and ability to do simple calculations' of females were found to be statistically significantly higher than men ($p < 0.05$). When the mean total scores of NL were analyzed, it was found that females were higher than men in healthy individuals ($p < 0.05$). The mean nutrition score was statistically significantly higher in women with CD than in healthy women ($p < 0.05$). Healthy group has higher EINLA scores than CD group, and "the reading comprehension and interpretation", "food labels and the ability to do simple calculations points" and "total points" were higher in healthy group ($p < 0.05$).

In Table 3, the classification of NL is analyzed. It was determined that 95.1% of women with CD and 85.4% of healthy women had borderline nutritional literacy. The difference was statistically significant ($p < 0.05$). For HG, the percentage of those with borderline was 87.8%, while the percentage with adequate knowledge was 12.2%, and for CD group, the percentage with borderline was 94.3%, while the percentage with adequate was 5.7%. The difference between the two groups was statistically significant ($p < 0.05$).

Table 2. EINLA scores of individuals with and without CD

EINLA scores	CD Group			Healthy Group			p ¹	p ²	p ³	p ⁴	p ⁵
	Women (n=203)	Men (n=25)	Total (n=228)	Woman (n=157)	Men (n=73)	Total (n=230)					
	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$	$\bar{x} \pm SS$					
Nutrition information	8.5 $\pm$ 1.15	8.5 $\pm$ 1.29	8.5 $\pm$ 1.63	9.0 $\pm$ 1.19	8.3 $\pm$ 1.35	8.8 $\pm$ 1.28	0.912	0.000*	0.000*	0.539	0.009
Reading comprehension and interpretation	5.3 $\pm$ 0.87	5.3 $\pm$ 1.02	5.3 $\pm$ 0.89	5.5 $\pm$ 0.64	5.4 $\pm$ 0.81	5.6 $\pm$ 0.69	0.914	0.222	0.023*	0.655	0.04*
Food groups	2.3 $\pm$ 0.67	2.2 $\pm$ 0.83	2.3 $\pm$ 0.68	2.2 $\pm$ 0.78	2.3 $\pm$ 0.78	2.3 $\pm$ 0.77	0.513	0.472	0.193	0.684	0.352
Serving sizes	1.3 $\pm$ 0.54	1.2 $\pm$ 0.66	1.3 $\pm$ 0.54	1.49 $\pm$ 0.55	1.3 $\pm$ 0.51	1.43 $\pm$ 0.55	0.665	0.008*	0.001*	0.711	0.06
Food labels and the ability to do simple calculations	2.8 $\pm$ 1.08	2.8 $\pm$ 1.10	2.8 $\pm$ 1.08	3.09 $\pm$ 0.92	2.8 $\pm$ 1.12	3.0 $\pm$ 0.99	0.789	0.032*	0.003*	0.861	0.027*
Total	20.2 $\pm$ 2.30	20.1 $\pm$ 3.20	20.2 $\pm$ 2.40	21.32 $\pm$ 2.32	20.1 $\pm$ 2.44	20.9 $\pm$ 2.42	0.880	0.000*	0.000*	0.969	0.001*

* $p < 0.05$. Evaluation Instrument of Nutrition Literacy on Adults EINLA, CD celiac disease p¹: Difference between individuals with CD, p²: Difference between Healthy Individuals, p³: Difference between women, p⁴: Difference between men, p⁵: Difference between total.

Table 3. The classification of EINLA

EINLA classification	CD Group						Healthy Group						p ¹	p ²	p ³	p ⁴	p ⁵
	Women (n=203)		Men (n=25)		Total (n=228)		Women (n=157)		Men (n=73)		Total (n=230)						
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%					
Borderline	193	95.1	22	88.0	215	94.3	134	85.4	68	93.1	202	87.8	X2= 2.072; p= 0.150	X2= 2.836; p= 0.092	X2= 10.053 ; p= 0.002*	X2= 0.659; p= 0.417	X2= 5.884 ; p= 0.015*
Adequate	10	4.9	3	12.0	13	5.7	23	14.6	5	6.9	28	12.2					
Total	203	100.0	25	100	228	100	157	100.0	73	100.0	230	100					

1p<0.05; EINLA; Evaluation Instrument of Nutrition Literacy on Adults, CD; celiac disease, p¹: Difference between individuals with CD, p²: Difference between Healthy Individuals, p³: Difference between women, p⁴: Difference between men.

Multiple linear regression examining the impact of gender, age, CD status, and BMI on NL

Table 4 displays the results of multiple linear regression examining the impact of gender, age, CD status, and BMI on NL. The modeling revealed that gender and CD status had a statistically significant effect on nutritional literacy. In all the modeling, the NL level was found to be negatively associated in men compared to women (p<0.001). Also, in model 4, it was observed that having CD status compared to not having CD status was associated statistically significantly positively with 0.194 points on NL (p<0.001).

Table 4 displays the results of multiple linear regression examining the impact of gender, age, CD status, and BMI on nutrition literacy (NL). The modeling revealed that gender and CD status had a statistically significant effect on NL. In all models, NL levels were found to be significantly lower among men com-

pared to women (p < 0.001). In Model 4, having CD status (compared to not having CD) was positively associated with NL by 0.194 points (p < 0.001). The overall explanatory power of the models was low, with R² values ranging from 0.020 to 0.026 and adjusted R² values remaining below 0.01. This indicates that gender, age, CD status, and BMI together explained only a small proportion of the variance in NL scores, suggesting that these variables were not strong predictors of NL in this sample.

DISCUSSION

This study examined the Nutrition Literacy Status of Individuals with and without CD. CD is a common autoimmune condition that requires strict adherence to a gluten-free diet. There is insufficient information on the optimal timing and amount of information that people with celiac disease need to understand.

Table 4. The multiple linear regression examined the impact of gender, age, CD status, and BMI on NL

Gender, age, CD status, and BMI	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
	$\beta \pm SE, p$	$\beta \pm SE, p$	$\beta \pm SE, p$	$\beta \pm SE, p$
Gender Women, Men	-0.099±0.277; p=0.035*	-0.103±0.277; p=0.028*	-0.153±0.282; p=0.001*	-0.158±0.297; p=0.002*
Age, year		0.079±0.011; p=0.090	0.089±0.011; p=0.052	0.084±0.011; p=0.088
Celiac disease Yes No			0.195±0.231; p=0.000*	0.194±0.232; p=0.000*
BMI, kg/m ²				0.016±0.028; p=0.752
R ²	0.020	0.021	0.021	0.026

p<0.05. Body mass index BMI, Model 1 adjusted for gender; Model 2 adjusted for gender and age; Model 3 adjusted for gender, age, and celiac disease status; Model 4 adjusted for gender, age, celiac disease status, and BMI. β : Standardized coefficients beta; SE: Standard Error.

It is recommended that information on a gluten-free diet (GFD) be provided by a doctor or dietitian at the time of diagnosis. Immediately after diagnosis, patients may find it difficult to cope with the large amount of information. Inadequate advice at this stage may lead some patients to utilize the many sources of information available to them at this time in the form of brochures, books, and websites, which may at times be less reliable. A useful approach is to offer follow-up consultation shortly after diagnosis to allow patients to ask questions and clarify dietary and health-related issues¹². Successful management of CD requires a team and individualized approach involving the person with CD, family, physicians, dietitian, celiac support group, and caregivers, understanding of quality-of-life issues, use of evidence-based, up-to-date information and resources, regular follow-up to monitor compliance and nutritional status, and additional information and support¹³.

Newly diagnosed celiac patients should be referred to a dietitian to assess the nutrient, vitamin, fiber, and calcium contents of the diet, as well as to avoid gluten and use alternative products. Patients with weight loss before the diagnosis of CD may need help and support to gain weight, while others should be counseled on weight management as part of a healthy diet¹².

A previous study found no significant difference between the sexes in nutrition literacy¹⁴. The higher nutrition literacy scores observed in women could be explained by the fact that women are more responsible for home nutrition practices than men. In addition, the use of different nutrition literacy tools may have led to these differences. The EINLA scores of the women with CD were lower than those of the healthy women. In a study, no significant difference was found in nutrition literacy levels between individuals with and without chronic disease¹⁵. In another study, they reported that the nutritional literacy scores of individuals with chronic diseases were significantly high¹⁶. These studies have shown that the relationship between nutrition literacy and chronic diseases is contradictory. Individuals with CD should undergo dietary therapy upon diagnosis. However, the reason why they had less knowledge than the healthy individual in this study is thought to be that these patients were given one-way education only at the gluten level. Healthy eating behavior is affected by many factors, and nutrition literacy plays a crucial role in developing healthy eating behaviors¹⁵.

Clinical CD guidelines currently provide insufficient guidance for maintaining a nutritionally adequate GFD. More people are facing the challenge of the GFD due to the increased use of this diet for other medical conditions such as non-celiac gluten sensitivity or non-celiac wheat sensitivity, wheat allergy, inflammatory bowel disease, gastrointestinal reactions to fermentable carbohydrates and polyols, fibromyalgia, and various autoimmune conditions. The strict nature of the gluten-free diet poses a challenge for patient adherence and

for clinicians to provide comprehensive and personalized dietary therapy¹⁷. While it is generally recognized that it can be difficult to determine whether food is gluten-free, it is equally difficult for health professionals to determine whether an individual's diet is gluten-free. Traditionally, the most common approach has been patient self-reporting and assessment by a qualified dietitian trained in gluten-free diets. Participants with a higher frequency of intentional gluten consumption were more likely to respond less accurately to the food label test. Most participants made at least one error when identifying gluten-free and gluten-containing foods. The findings suggest that patients may lack adequate guidance and support within the healthcare system and community, contributing to the individual challenges of adherence to the GFD¹⁸.

However, there are conflicting data on the nutritional adequacy of GF products and diets. In a study examining the adherence of people with celiac disease to the Mediterranean diet, a dietary regimen that is protective against major non-communicable diseases, it was found that people with celiac disease consumed significantly higher amounts of potatoes and red and processed meat compared to healthy participants, raising questions about the food choices of people with CD and suggesting that they should be encouraged to make food choices that are more compatible with an MD that will improve their nutritional status and better protect them from non-communicable diseases in the long term¹⁹. In a study in which parental food literacy, home food environment, and food purchasing patterns were investigated, despite parents having good food literacy, young people reported poor diet quality²⁰. In a study comparing celiac disease patients with healthy volunteers, both groups were found to have a high-lipid, high-protein, low-carbohydrate diet, high sugar intake, and low intake of vitamin D, folate, vitamin E, iodine, calcium, and iron²¹. In another study, it was emphasized that compliance with the Mediterranean diet was lower in CD patients than in healthy individuals and that CD patients had nutritional deficiencies. Therefore, it was stated that it could increase the risk of normal and metabolic diseases. In addition to compliance with the Celiac diet, it is recommended that celiac patients comply with the Mediterranean diet²².

In this study, the majority of participants were found to have borderline NL, with a significantly higher prevalence among women with CD compared to healthy women. These findings are in line with previous research showing that nutritional literacy is often insufficient in both clinical and healthy populations, and that chronic diseases may further influence nutritional knowledge and behaviors^{23,24}. It was reported that low levels of food and nutrition literacy are common in adults and can negatively impact dietary choices and adherence to medical nutrition therapy²⁵.

The observed differences between the CD and healthy groups may reflect the additional dietary restrictions and challenges associated with maintaining a strict gluten-free diet.

Previous studies have highlighted that patients with CD often face difficulties in understanding food labels, identifying hidden sources of gluten, and applying practical dietary knowledge in daily life^{26,27}. These barriers may partly explain why, despite greater medical contact, CD patients did not demonstrate higher rates of adequate NL compared to their healthy counterparts.

The high proportion of borderline NL in both groups underscores the need for structured nutritional education interventions. Evidence suggests that dietitian-led educational programs significantly improve dietary adherence and self-management in CD patients^{28,29}. Thus, strengthening nutrition education strategies, particularly tailored to chronic disease populations such as CD, may be critical to improving both NL and long-term health outcomes.

Limitations

This study is based on participants' recall, which can introduce potential inaccuracies.

Future Directions

Longitudinal studies assessing the impact of educational interventions on awareness. Future studies can be conducted by observing the nutritional behaviors of individuals in addition to the scale. The consistency between dietary ethics and behaviors can be observed.

CONCLUSIONS

It was found that patients with celiac disease had a lower NL than healthy individuals. It was determined that most individuals with and without celiac disease had borderline scores for EINLA. Celiac patients should be provided with celiac diet education with nutrition literacy education.

REFERENCES

- McDermid, J.M.; Almond, M.A.; Roberts, K.M.; Germer, E.M.; Geller, M.G.; Taylor, T.A.; Sinley, R.C.; Handu, D. Celiac Disease: An Academy of Nutrition and Dietetics Evidence-Based Nutrition Practice Guideline. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2023, *123*, 1793–1807.e4, doi:10.1016/j.jand.2023.07.018.
- Abdi, F.; Zuberi, S.; Blom, J.-J.; Armstrong, D.; Pinto-Sanchez, M.I. Nutritional Considerations in Celiac Disease and Non-Celiac Gluten/Wheat Sensitivity. *Nutrients* 2023, *15*, 1475, doi:10.3390/nu15061475.
- Ben Houmich, T.; Admou, B. Celiac Disease: Understandings in Diagnostic, Nutritional, and Medicinal Aspects. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 2021, *35*, 20587384211008709, doi:10.1177/20587384211008709.
- Mędza, A.; Szlagatys-Sidorkiewicz, A. Nutritional Status and Metabolism in Celiac Disease: Narrative Review. *J. Clin. Med.* 2023, *2*, 5107, doi:10.3390/jcm12155107.
- Marsilio, I.; Savarino, E.V.; Barberio, B.; Lorenzon, G.; Maniero, D.; Cingolani, L.; D'Odorico, A.; D'Incà, R.; Zingone, F. A Survey on Nutritional Knowledge in Coeliac Disease Compared to Inflammatory Bowel Diseases Patients and Healthy Subjects. *Nutrients* 2020, *12*, 1110, doi:10.3390/nu12041110.
- Dimidi, E.; Kabir, B.; Singh, J.; Ageridou, A.; Foster, C.; Ciclitira, P.; Dubois, P.; Whelan, K. Predictors of Adherence to a Gluten-Free Diet in Celiac Disease: Do Knowledge, Attitudes, Experiences, Symptoms, and Quality of Life Play a Role? *Nutrition* 2021, *90*, 111249, doi:10.1016/j.nut.2021.111249.
- Carbone, E.T.; Zoellner, J.M. Nutrition and Health Literacy: A Systematic Review to Inform Nutrition Research and Practice. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2012, *112*, 254–265, doi:10.1016/j.jada.2011.08.042.
- Mulder, C.J.J.; Elli, L.; Lebowohl, B.; Makharia, G.K.; Rostami, K.; Rubio-Tapia, A.; Schumann, M.; Tye-Din, J.; Zeitz, J.; Al-Toma, A. Follow-Up of Celiac Disease in Adults: "When, What, Who, and Where." *Nutrients* 2023, *15*, 2048, doi:10.3390/nu15092048.
- Cesur B; Koçoğlu G; Sümer H Evaluation Instrument of Nutrition Literacy on Adults (EINLA) A Validity and Reliability Study. *Integr. Food Nutr. Metab.* 2015, *2*, doi:10.15761/IFNM.1000114.
- Paganizza, S.; Zanotti, R.; D'Odorico, A.; Scapolo, P.; Canova, C. Is Adherence to a Gluten-Free Diet by Adult Patients With Celiac Disease Influenced by Their Knowledge of the Gluten Content of Foods? *Gastroenterol. Nurs. Off. J. Soc. Gastroenterol. Nurses Assoc.* 2019, *42*, 55–64, doi:10.1097/SGA.0000000000000368.
- Lee, A.R.; Lebowohl, B.; Lebovits, J.; Wolf, R.L.; Ciaccio, E.J.; Green, P.H.R. Factors Associated with Maladaptive Eating Behaviors, Social Anxiety, and Quality of Life in Adults with Celiac Disease. *Nutrients* 2021, *13*, 4494, doi:10.3390/nu13124494.
- Ciacchi, C.; Ciclitira, P.; Hadjivassiliou, M.; Kaukinen, K.; Ludvigsson, J.F.; McGough, N.; Sanders, D.S.; Woodward, J.; Leonard, J.N.; Swift, G.L. The Gluten-Free Diet and Its Current Application in Coeliac Disease and Dermatitis Herpetiformis. *United Eur. Gastroenterol. J.* 2015, *3*, 121, doi:10.1177/2050640614559263.
- Case, S. The Gluten-Free Diet: How to Provide Effective Education and Resources. *Gastroenterology* 2005, *128*, S128–S134, doi:10.1053/j.gastro.2005.02.020.
- Zoellner, J.; Connell, C.; Bounds, W.; Crook, L.; Yadrack, K. Nutrition Literacy Status and Preferred Nutrition Communication Channels among Adults in the Lower Mississippi Delta. *Prev. Chronic. Dis.* 2009, *6*, A128.
- Oral, E.A.; Kiziltan, G. Factors Affecting Nutrition Literacy: A Pilot Study among Turkish Adults. *Rev. Nutr.* 2024, *37*, e230074, doi:https://doi.org/10.1590/1678-9865202437e230074.
- Ünal, E.; Özdemir, A. The Relationship Between Nutrition and Physical Activity Levels and Body Mass Index of Individuals Who Prefer Healthy Living Centers in Central Districts of Bursa Province. *J. Acad. Res. Nurs.* 2020, doi:10.5222/jaren.2020.80764.
- Jamieson, J.A.; Gougeon, L. Adults Following a Gluten-Free Diet Report Little Dietary Guidance in a Pilot Survey Exploring Relationships between Dietary Knowledge, Management, and Adherence in Nova Scotia, Canada. *Nutr. Res.* 2019, *66*, 107–114, doi:10.1016/j.nutres.2019.02.005.

18. Silvester, J.A.; Weiten, D.; Graff, L.A.; Walker, J.R.; Duerksen, D.R. Is It Gluten-Free? Relationship between Self-Reported Gluten-Free Diet Adherence and Knowledge of Gluten Content of Foods. *Nutrition* 2016, *32*, 777–783, doi:10.1016/j.nut.2016.01.021.
19. Morreale, F.; Agnoli, C.; Roncoroni, L.; Sieri, S.; Lombardo, V.; Mazzeo, T.; Elli, L.; Bardella, M.T.; Agostoni, C.; Doneda, L.; et al. Are the Dietary Habits of Treated Individuals with Celiac Disease Adherent to a Mediterranean Diet? *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2018, *28*, 1148–1154, doi:10.1016/j.numecd.2018.06.021.
20. Cyrkot, S.; Gidrewicz, D.; Anders, S.; Marcon, M.; Turner, J.M.; Mager, D.R. Food Environment and Youth Intake May Influence Uptake of Gluten-Free Food Guide Recommendations in Celiac Disease. *Can. J. Diet. Pract. Res.* 2022, *83*, 186–192, doi:10.3148/cjdr-2022-011.
21. Ballester-Fernández, C.; Varela-Moreiras, G.; Úbeda, N.; Alonso-Aperte, E. Nutritional Status in Spanish Adults with Celiac Disease Following a Long-Term Gluten-Free Diet Is Similar to Non-Celiac. *Nutrients* 2021, *13*, 1626, doi:10.3390/nu13051626.
22. Peresztegi, M.Z.; Szakács, Z.; Vereczkei, Z.; Dakó, E.; Dakó, S.; Lada, S.; Lemes, K.; Holczer, M.; Farkas, N.; Bajor, J. Mediterranean Diet Adherence in Celiac Patients: A Nested Cross-Sectional Study. *Nutrients* 2025, *17*, 788. <https://doi.org/10.3390/nu17050788>
23. Velardo S. The nuances of health literacy, nutrition literacy, and food literacy. *J Nutr Educ Behav.* 2015;47(4):385–389.
24. Krause C.; Sommerhalder K.; Beer-Borst S.; Abel T. Just a subtle difference? Findings from a systematic review on definitions of nutrition literacy and food literacy. *Health Promot Int.* 2018; 33(3):378–389.
25. Guttersrud O.; Dalane J.O.; Pettersen S. Improving measurement in nutrition literacy research using Rasch modelling: examining construct validity of stage-specific 'critical nutrition literacy' scales. *Public Health Nutr.* 2014;17(4):877–883.
26. Hall N.J.; Rubin G.; Charnock A. Systematic review: adherence to a gluten-free diet in adult patients with coeliac disease. *Aliment Pharmacol Ther.* 2009;30(4):315–330.
27. Sainsbury K.; Mullan B.; Sharpe L. Reduced quality of life in coeliac disease is more strongly associated with depression than gastrointestinal symptoms. *J Psychosom Res.* 2013;75(2):135–141.
28. Sainsbury K.; Mullan B. Measuring beliefs about gluten free diet adherence in adult coeliac disease using the theory of planned behaviour. *Appetite.* 2011;56(2):476–483.
29. MacCulloch K.; Rashid M. Factors affecting adherence to a gluten-free diet in children with celiac disease. *Paediatr Child Health.* 2014;19(6):305–309.

Strategy for Accelerating Stunting Reduction Program in Tasikmalaya City, Indonesia Using Analytic Hierarchy Process (AHP)

Iseu Siti AISYAH¹, Ikeu TANZIHA², Ali KHOMSAN², Hadi RIYADI²

1 Department of Nutrition, Health Science Faculty, Siliwangi University, Tasikmalaya, Indonesia.

2 Department of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia.

Recibido: 27/julio/2025. Aceptado: 23/septiembre/2025.

ABSTRACT

Background: Through the Sustainable Development Goals (SDGs) program, the target is to address all forms of malnutrition and reduce stunting and wasting in toddlers by 2030. This movement involves policymakers working together to reduce the prevalence of stunting in Indonesia. The objective of this study was to analyze and prioritize, through the Hierarchical Analytical Process (AHP), public policy strategies to accelerate the reduction of stunting in the city of Tasikmalaya.

Methods: This research was conducted using a *mixed method*, including a qualitative approach for interviews and a quantitative approach for prioritization analysis using AHP. The sampling technique used a purposive sampling, with 14 respondents, with the inclusion criteria were: more than 5 years of experience in nutrition policy, representation from key institutions, and a decision-making level of middle to upper management. Interviews were conducted to obtain information on strategic issues in stunting management in Tasikmalaya City. The selection of these alternative policy strategies will be determined in focus group discussions (FGDs) held at government institutions. AHP analysis is carried out using Expert Choice software version 10.

Results: Based on the Analytical Hierarchy Process from respondents, the most important alternative strategy is the macronutrient intake intervention. This was determined through an evaluation based on four key criteria: budgetary

readiness, infrastructure, institutional sustainability, and community readiness. For example, providing locally sourced food supplements, such as eggs and milk, to toddlers is considered the most rapid and effective way to address stunting in toddlers. This research found that three months of Food Supplement support resulted in increased weight, as well as improvements in nutritional status. Most toddlers experienced weight gain during the support period.

Conclusion: Macro-nutrition interventions are clearly superior to other program strategies because this program can be sustainable. The government has to provide more macronutrient interventions, such as providing rice, milk, and eggs, for toddlers to prevent stunting.

KEYWORDS

Nutritional Policy, Indonesia, Program Prioritization, Analytic Hierarchy Process.

INTRODUCTION

Stunting, defined as a nutritional status based on the height-for-age index, where in the anthropometric standard for assessing children's nutritional status, the measurement results are at the threshold (Z-Score) <-2 SD to -3 SD (short/stunted) and <-3 SD (very short/severely stunted). Stunting is a chronic malnutrition problem caused by insufficient nutritional intake over a long period due to the provision of food that does not meet nutritional needs.

To achieve optimal growth and development, in the Global Strategy for Infant and Young Child Feeding, WHO/UNICEF recommends four important things that must be done, namely; first, giving breast milk to babies immediately within 30 minutes after birth, second, exclusively breastfeeding from

Correspondencia:

Iseu Siti Aisyah
iseusitiaisayah@unsil.ac.id

birth until the baby is 6 months old, third, giving complementary foods from the age of 6 months to 24 months, and fourth, continuing breastfeeding until the child is 24 months old or older¹.

Based on the Basic Health Research 2018, the prevalence of stunting in toddlers was 30.79%, wasting in toddlers was 10.19%, and underweight was 17.68% (Ministry of Health 2019). The 2021 SSGI data states that the stunting prevalence in West Java Province reached 24.5%, slightly above the national average of 24.4%. According to the 2023 Indonesian Child Health Survey data, the stunting prevalence in West Java Province reached 17.7%, still exceeding the national target of below 14%². According to the Tasikmalaya City Health Office (2020), the number of stunting cases in Tasikmalaya City reached 7,731, or 17.58 percent, higher than the 5,373 cases recorded in 2019, or 10.95%. The highest stunting prevalence was in Karanganyar Village, with 242 cases (29.44%)³.

Through the Sustainable Development Goals (SDGs) program, the target is expected to end all forms of malnutrition and reduce stunting and wasting in toddlers by 2030⁴. As one of the efforts to achieve this target, Indonesia has joined the Scaling Up Nutrition (SUN) Movement. In Indonesia, this is known as the First 1,000 Days of Life Movement (1,000 HPK Movement).

This movement aims to accelerate nutritional improvements for the better lives of Indonesian children in the future. This movement involves various sectors and policymakers working together to reduce the prevalence of stunting and other forms of malnutrition in Indonesia. This movement requires strong support and guidance in conducting situational analysis. However, the lack of human resources to conduct situational analysis has left Tasikmalaya City, West Java, without a situational map to serve as a basis for implementing the 1000 HPK movement³.

These are some of the challenges faced in implementing measures to reduce stunting prevalence in Tasikmalaya City. The AHP assessment is expected to assist the Tasikmalaya City government in this regard. Preventing stunting early to prevent new cases. To support the achievement of policy convergence to reduce stunting in Tasikmalaya City. The hope of this situational analysis assistance is that the results can be utilized in the development of programs, activities, and policies to accelerate stunting reduction in Tasikmalaya City.

Based on the background above, the objective of this study was to analyze and prioritize, through the Hierarchical Analytical Process (AHP), public policy strategies to accelerate the reduction of stunting in the city of Tasikmalaya.

METHOD

This research was conducted using a *mixed method*, between qualitative approach for in-depth interview, and quan-

titative approach for prioritization analysis using AHP. The sampling technique used a purposive sampling, with 14 primary informants responsible for the Stunting program in each agency within the Tasikmalaya City Government, with the inclusion criteria;

1. Experience in nutrition policy for more than 5 years, and
2. Institutional representation.
3. Level of decision making was; middle to upper management

This research was conducted through interviews and FGD. The interviews were semi-structured questionnaires. The questions were about: Understanding & Priorities Program Implementation, Barriers & Challenges, Collaboration & Roles, and Sustainability & Recommendations. For each criterion, there were two questions. This question was validated beforehand.

Each focus group discussion (FGD) lasted approximately 60 to 90 minutes. A trained facilitator moderated the sessions using a semi-structured discussion guide to ensure consistency across groups while allowing flexibility for participants to elaborate on their experiences. The discussions were audio-recorded with participants' consent and later transcribed for analysis. The discussions using a semi-structured guide centered on stunting implementation challenges, inter-sectoral coordination, and policy barriers. The respondents also have to choose the best intervention program to be prioritize for government, with institutional criteria consisting of budgetary readiness, infrastructure, institutional sustainability, and community readiness.

The FGDs will discuss priority alternative strategies for accelerating stunting reduction, including:

- 1) Interventions to increase macronutrient intake
- 2) Interventions to increase micronutrient intake
- 3) Nutrition training and counseling
- 4) Food insecurity-free environment intervention
- 5) Poverty reduction interventions

The hierarchical attributes were then used in a focus group discussion (FGD) during the AHP process with several expert respondents considered to be experts in policies to accelerate stunting reduction in Tasikmalaya City. This process was necessary to obtain information on stakeholder aspirations and perceptions regarding strategies for addressing stunting reduction. FGDs were conducted with stakeholders twice to determine program priorities based on AHP.

For the FGD materials, the data sources used were secondary data through literature review and documentation. AHP analysis is carried out using Super Decisions software version 2.10. When conducting analysis using AHP, it is necessary to pay attention to the 4 principles of AHP, namely:

Table 1. FGD informants for compiling policy recommendations

Informant	Number of people	Information	Method of collecting data
Tasikmalaya City Health Office	2	Nutrition Staff of the Health Service	FGD
Department of Food Security and Agriculture	2	The Food Security Service is responsible for increasing food availability.	FGD
Department of Population Control, Family Planning and Women's Empowerment	2	Family planning staff are responsible for toddler nutrition	FGD
Social Services	2	Responsible for the poor	FGD
Regional Development Planning Agency	2	Planning and research	FGD
BPS	2	Stunting data	FGD
Persagi Tasik Branch	1	Expert in the field of nutrition	FGD
Food Nutrition	1	Expert in the field of community nutrition	FGD
Total	14 people		

Decomposition

The decomposition stage is the stage of creating a hierarchy. The creation of this hierarchy is based on an understanding of the problem of chronic hunger and hidden hunger in toddlers, stakeholders who contribute to solving the problem, and alternative solutions. The simple form of the hierarchy consists of 3 levels (from general to specific), namely: (1) the final goal of the decision, (2) criteria, and (3) alternatives. The purpose of creating this hierarchy is to make it easier to assess the importance of elements at a certain level with other elements at different levels.(Saaty &

Vargas 2012). This hierarchical structure is the basis for creating a questionnaire that will be given to experts, decision makers, and people involved or aware of the problems of chronic hunger and hidden hunger in toddlers.

Comparative judgment

The assessment of criteria and alternatives is done by forming a pairwise comparison matrix. A scale of 1-9 is used to express the respondents' opinions. The comparative judgment assessment weights are presented in Table 2.

Table 2. Comparative judgment assessment weight

Mark	Criteria	Information
1	Equally important	The contribution of two activities is the same towards the goal
2	Weak	The middle value between 1 and 3
3	A little more important	Experience and judgment favor one activity being slightly more important than another.
4	Currently	The middle value between 3 and 5
5	More important	Experience and judgment support one activity being more important than another.
6	Strong	The middle value between 5 and 7
7	Very important	One activity is strongly preferred over the others, and its dominance is evident from
8	Very strong	The middle value between 7 and 9
9	Absolutely essential	One activity proved to be better than the other

Source: (Saaty & Vargas 2012)⁵.

Synthesis of priorities

This is a process of determining priorities based on a comparison matrix of criteria and alternatives. The relative comparison values obtained are then processed to determine the relative ranking of all alternatives.

Logical consistency

This stage is carried out to calculate consistency. The consistency assessment of the comparison matrix of criteria and alternatives is carried out by calculating the consistency index (CI) and consistency ratio (CR) values. The matrix assessment is said to be consistent if the CR value ≤ 0.1 (Saaty and Vargas 2012). If the CR value is more than 0.1, then it is necessary to review the questions in the questionnaire, correct them, ask them again or in the data collection process provide more detailed information to the respondents. CR value = CI/ RI (random consistency index).

RI average value (Saaty and Vargas 2012)

N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

RI 0 0 0.52 0.89 1.11 1.25 1.35 1.40 1.45 1.49

RESULTS

Based on the data processing, a hierarchy of priority systems was developed based on determining factors and program strategies. The hierarchy analysis was based on 14 stakeholders invited to focus group discussions (FGDs). The hierarchical structure of policy selection to address food insecurity, chronic and hidden hunger at the household level consists of two components: the components that influence the policy and the policy alternatives that will be selected. There are four components or factors that influence policy: budgetary readiness, infrastructure, institutional sustainability, and community readiness. Meanwhile, there are 4 types of strategies to reduce stunting in toddlers, namely macronutrient intake interventions, micronutrient supplementation/fortification interventions, nutrition training and counseling, and food-insecurity-free environment interventions. For each component, the most urgent will be selected. Then, each alternative will be linked to four components, and the most urgent will be selected. Alternatives, which take the form of program strategies, will be assessed in terms of budgetary readiness, infrastructure, institutional sustainability, and community readiness. This can be seen in the chart below (Figure 1).

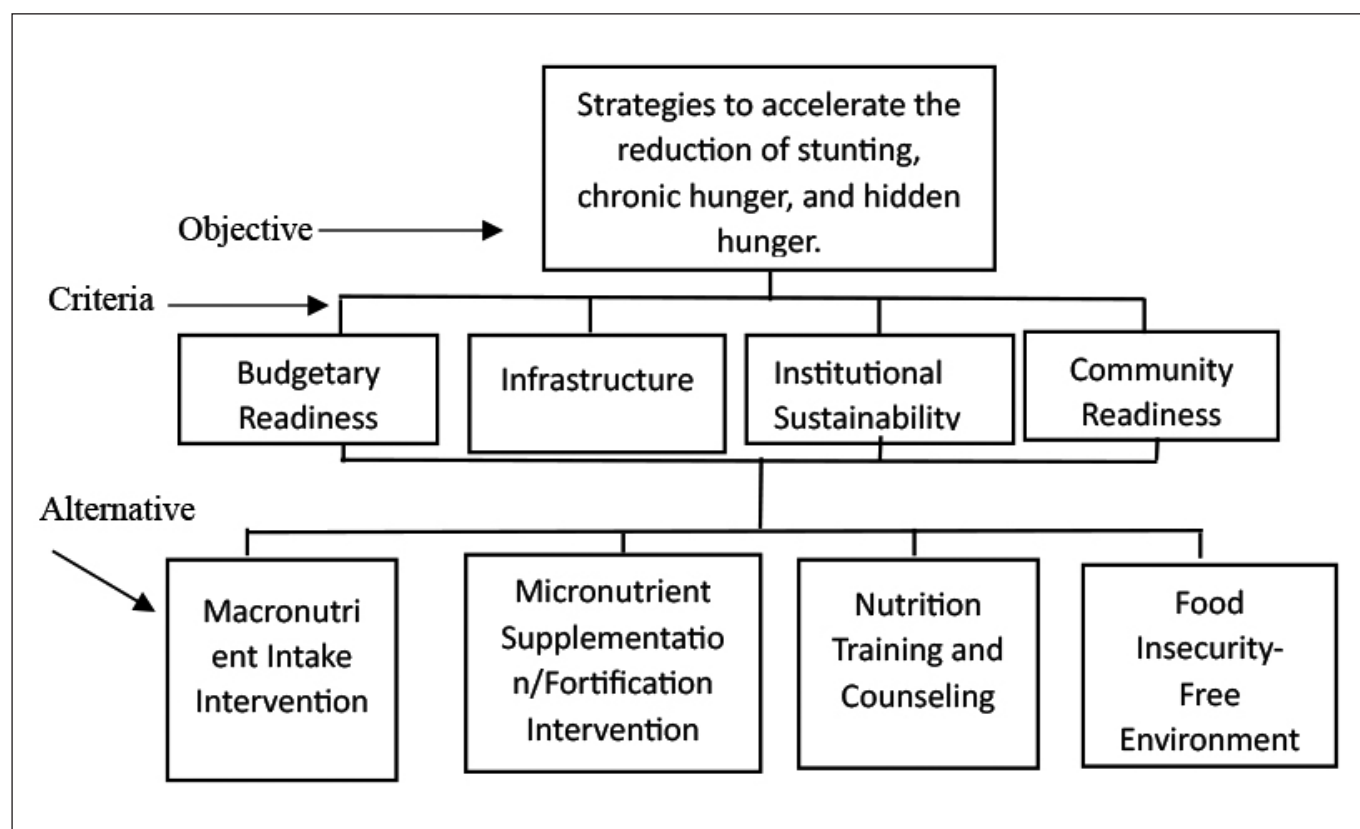


Figure 1. An Analytic Hierarchy Process diagram related to the program for handling stunting, chronic hunger, and hidden hunger in toddlers in Tasikmalaya

1) Determining Factors (Criteria)

1. Budgetary Readiness: Funds that can be used to achieve predetermined goals/targets (either from government or non-government sources)
2. Infrastructure: Facilities are equipment that can be used to support the achievement of predetermined goals/targets. Infrastructure is support (non-moving facilities) that can be used to support the achievement of predetermined goals/targets.
3. Institutional Sustainability: Organization (government and/or non-government) that will plan, implement, and evaluate policies or programs, or activities to achieve goals/targets
4. Community Readiness: The level of community acceptance to implement a policy or program, or activity.

Based on expert assessments, the most important criteria are Budgetary readiness, followed by Community Readiness, Institutional Readiness, and finally, Infrastructure. This is evident in the highest weighting of the Budget criterion, at 32.35%. The Consistency Ratio for this criterion is 0.1420286, or 14.20%. This value is still considered inconsistent because it is greater than 10%.

According to (Saaty, 2008) determining the weight for various issues, a scale of 1 to 9 is the best scale in expressing opinions, Score 1: equally important (equal importance), Score 3: slightly more important (moderate importance), Score 5: more important (strong importance), Score 7: very more important (very strong importance), Score 9: absolutely more important (extreme importance), Score 2,4,6,8: middle score of upper and lower values⁴. The priority of hierarchical determining factors in the strategy for accelerating the reduction of stunting, chronic hunger and hidden hunger and chronic hunger and hidden hunger in toddlers in Tasikmalaya are presented in Table 3.

Experts believe that the most important determining factor is the availability of a budget to implement programs to accelerate stunting reduction, compared to infrastructure, insti-

Table 3. Priority of determining factors of hierarchy in the acceleration reduction strategy *Stunting* in toddlers in Tasikmalaya.

Determining factors	Weight	Ranking
Budget	0.3235696	1
Facilities and infrastructure	0.1960649	4
Institutional	0.1984078	3
Community readiness	0.2819577	2

tutions, and community preparedness. Budget plays a key role in addressing chronic, hidden hunger, and stunting.

2) Strategic Priorities (Alternatives)

Strategic priorities are formulated based on an interview and observed analysis with stakeholders. In general, there are four types of strategies to reduce chronic and hidden hunger in stunted toddlers:

- 1) Interventions on macronutrient intake, for example, providing PMT made from local foods, providing milk and eggs for stunted toddlers.
- 2) Micronutrient supplementation/fortification interventions, for example, adding iron to wheat flour, adding iodine to salt, etc.
- 3) Nutrition training and counseling, including nutrition-aware family programs, balanced nutrition awareness programs for teenagers.
- 4) Food insecurity-free environmental interventions, for example, fish farming in buckets, growing vegetables in pots.

a) Alternative Weight (Program Strategy Priority) based on Budget

Based on expert assessments, the most important alternative based on the budget is the macronutrient intake intervention. This is evident from its highest weighting of 45.05%. According to Saaty's theory (2008), the results obtained from the Consistency Ratio (CR) calculation indicate that all informants have met the CR, with a CR value of less than 10% ($CR \leq 0.1$), making it suitable for data analysis. *Consistency Ratio* on the criteria is as big as 0.008222921 or 0.82%, the value is consistent because the value is less than 10%⁴. Alternative weights (program strategy priorities) based on the budget are presented in Table 4.

Table 4. Alternative weights (program strategy priorities) based on the budget

Program strategy priorities	Weight	Ranking
Macronutrient intake intervention	0.45053109	1
Micronutrient supplementation/fortification interventions	0.08914589	4
Nutrition training and counseling	0.11971150	3
Food insecurity-free environment intervention	0.34061152	2

b) Alternative Weights based on Infrastructure Facilities

Based on expert assessments, the most important alternative, based on infrastructure, is macronutrient intake intervention. This is evident from its highest weighting, at 40.006%. *Consistency Ratio* on the criteria is as big or 5.75%, the value is consistent because it is less than 10%. The alternative weights based on infrastructure are presented in Table 5.

Table 5. Alternative weights based on infrastructure

Program strategy priorities	Weight	Ranking
Macronutrient intake intervention	0.4000628	1
Micronutrient supplementation/fortification interventions	0.1275621	3
Nutrition training and counseling	0.1069251	4
Food insecurity-free environment intervention	0.3654500	2

c) Alternative Weights based on Institutions

Based on expert assessments, the most important alternative based on institutional factors is the intervention of a food-insecure environment. This is evident from its highest weighting, at 39.384%. The *Consistency Ratio* for this criterion is 0.01202965, or 1.20%. This value is consistent because it is less than 10%. The alternative weights based on institutional factors are presented in Table 6.

d) Alternative Weights based on Community Readiness

Based on expert assessments, the most important alternative, based on institutional context, is macronutrient intake intervention. This is evident from its highest weighting, at 35.156%. The *Consistency Ratio* for this criterion is 0.06665425, or 6.66%, a

consistent value because it is less than 10%. Alternative weights based on community readiness are presented in Table 7.

Table 6. Alternative weights based on institutions

Program strategy priorities	Weight	Ranking
Macronutrient intake intervention	0.35524841	2
Micronutrient supplementation/fortification interventions	0.09864763	4
Nutrition training and counseling	0.15225894	3
Food insecurity-free environment intervention	0.39384502	1

Table 7. Alternative weights based on community readiness

Program strategy priorities	Weight	Ranking
Macronutrient intake intervention	0.3515630	1
Micronutrient supplementation/fortification interventions	0.1203300	4
Nutrition training and counseling	0.2179668	3
Food insecurity-free environment intervention	0.3101402	2

e) Alternative Weights based on Criteria

Based on the five experts' criteria, the alternative chosen based on budget, infrastructure, and community readiness was macronutrient intake intervention, while the institutional criteria selected the alternative chosen was food-insecurity-free environment intervention. The weighting of the alternatives based on the criteria is presented in Table 8.

Table 8. Alternative weights based on criteria

Program strategy	Budget	Facilities and infrastructure	Institutional	Community readiness
Macronutrient intake intervention	0.4505	0.4001	0.3552	0.3516
Micronutrient supplementation/fortification interventions	0.0891	0.1276	0.0986	0.1203
Nutrition training and counseling	0.1197	0.1069	0.1523	0.2180
Food insecurity-free environment intervention	0.3406	0.3654	0.3938	0.3101

Based on Table 9, the combined weights obtained were 0.394, the largest for macronutrient intake interventions. The second-highest weight, 0.347, was for the food-insecurity-free environment intervention program strategy. The combined weights are presented in Table 9.

Table 9. Combined weight

Program strategy	Weight
Macronutrient intake intervention	0.394
Micronutrient supplementation/fortification interventions	0.107
Nutrition training and counseling	0.151
Food insecurity-free environment intervention	0.347

DISCUSSION

The Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to identify the most effective intervention programs aimed at accelerating stunting reduction. In this analysis, questionnaires were distributed to respondents to determine factors that could facilitate stunting reduction in rural areas in Indonesia. To facilitate the AHP analysis process, Super Decisions software version 2.10 was used⁶.

Various studies on stunting in Indonesia have integrated the AHP and SWOT methods to design strategies to accelerate stunting reduction in rural areas. The process of determining alternative strategies was conducted using questionnaires after respondents or informants assessed the importance of the factors causing stunting based on their expertise, namely: (1) quality of childcare patterns for toddlers in rural areas, (2) knowledge of maternal and toddler nutrition in rural areas, and (3) data collection and monitoring systems for the nutritional status of mothers and toddlers⁷.

Based on the Analytical Hierarchy Process of the experts, the most important alternative strategy is macronutrient intake intervention. For example, providing locally sourced food supplements (FS) to prevent stunting, and providing eggs and milk to toddlers is considered the most rapid and effective way to address stunting, chronic hunger, and hidden hunger in toddlers. This result is similar to other research, which found that three months of PMT support resulted in increased weight, height, and upper arm circumference, as well as improvements in nutritional status based on the Weight per age, Height per age, and Weight per Height indexes. Most toddlers experienced weight gain during the support period⁸.

In terms of budgetary readiness, infrastructure, and community readiness, macro-nutrition interventions are clearly superior to other program strategies, although the alternative

institutional criteria chosen are the food-insecure environment intervention program, because this program can be sustainable. The budget provided by the Tasikmalaya City government includes milk and egg supplements for stunted toddlers, plus funds from Tasikmalaya City Civil Servants. A flagship program of the Tasikmalaya City government, called 'One Civil Servant, One Stunted Child', involves civil servants personally sponsoring the nutritional needs of a stunted child.

Regarding institutions, the Tasikmalaya City government already has a stunting task force consisting of pediatricians, nutritionists, psychologists, and obstetricians. This stunting task force still needs to expand its team to each citizen association and neighborhood unit to address its scope of work. Coordination and collaboration between all relevant agencies are also essential, with the Tasikmalaya City Government's Office of Child Protection as the leading sector.

Regarding facilities and infrastructure, experts believe this will be met with adequate funding. Community readiness is not a constraint due to the role of integrated health service post (Posyandu) cadres in promoting the Tasikmalaya City government's program. However, the government still needs to initiate the involvement of all elements of society, especially those with the means to provide self-help assistance to the poor.

Based on the results of the Analytic Hierarchy Process from stakeholders, a strategic option was obtained, namely macronutrient intervention with the Provision of Supplementary Feeding made from local foods. This is one of the government's strategies in addressing the problem of chronic and hidden hunger in toddlers and is an effort to prevent stunting. The Supplementary Feeding program not only focuses on providing supplementary food, but also includes counseling, nutrition education, and health education. Maternal education exhibits the most robust correlation with the occurrence of stunting. Mothers with limited educational backgrounds have a higher likelihood of delivering children who experience stunting. Findings from additional research studies suggest that mothers with lower levels of education elevate the risk of stunting in children under the age of five by 3.01 times compared to mothers with higher educational levels (OR = 3.01; 95% CI = 1.92 to 4.73)⁹.

The purpose of providing supplementary food made from local foods is to help toddlers who are malnourished, underweight, or not gaining weight. This goal is to help toddlers return to a normal weight level according to the growth curve. Ideal weight and adequate nutrition help prevent stunting in toddlers.

The opinion from the Nutrition section of the Provincial Health Office stated that Supplementary Feeding is an important component, and the food ingredients used should be local ingredients that are available and can be easily found so that the possibility of program sustainability will

be greater. Analysis of the concept of sustainability in the local food PMT program. Sustainability is understood as the continued function of program components and activities in order to meet the further achievement of program objectives and outcomes in the population. The tendency for sustainability will increase when there is harmony, compatibility, or convergence between 1) awareness of problems from the external environment of the organization or community, 2) health programs, and 3) the objectives and internal capacity of the organization.

In the Local Supplementary Feeding program, the alignment and compatibility between awareness of stunting issues in toddlers, the need for behavior-based programs by mothers and toddlers, and the capabilities of health workers, cadres, and the private sector have been fairly well met. The sustainability of the Local Supplementary Feeding program using local food ingredients, which is still being carried out in several regions of Indonesia, with results showing improvements in the nutritional status of many toddlers, indicates that the program's implementation has been running well, so its sustainability is the alignment between awareness of stunting issues in toddlers, the need for behavior-based programs for mothers, and the capabilities of health workers. The sustainability of this program must consider the balance between the community, health issues, the proposed health program, and adequate capacity. A sustainable health program will ultimately provide very beneficial outcomes in the long term.

The provision of locally sourced food-based Local Supplementary Feeding (Food-Based Nutrition) is not intended to replace staple foods. This program provides daily Local Supplementary Feeding with at least one complete meal per week, with the remainder being snacks. The complete meal program aims to educate children on how to prepare nutritious, balanced meals according to the "Isi Piringku" program, with a focus on two types of animal protein. The Local Supplementary Feeding is usually implemented at Integrated Health Posts (Posyandu), health facilities, Mother and Toddler Classes, or through home visits by cadres, health workers, or related partners. It is hoped that the use of local food in the Local Supplementary Feeding program can support food independence and family nutrition sustainably.

Based on data from the Food Security Council (2020), Indonesia has a diverse range of local food sources, including 77 types of carbohydrates, 30 types of fish, 6 types of meat, 4 types of poultry, 4 types of eggs, 26 types of nuts, 289 types of fruits, 228 types of vegetables, and 110 types of spices and seasonings¹⁰. This demonstrates the significant potential for utilizing local foods to support family food provision and address stunting, where macronutrient interventions are crucial in the management program. Micronutrient intervention is also important for children to prevent stunting. Based on Aisyah *et.al* (2024) research that, toddlers with stunting were signifi-

cantly more likely to have inadequate iron (92.95%) and zinc intake (91.54%) compared to their non-stunting counterparts (78.87% and 77.46%, respectively)¹¹.

Other research showed that interventions using key educational messages, provision of complementary food with or without fortification, or increased energy density of complementary foods have greater potential for impact on growth than interventions based on fortification alone. In several studies, the impact of providing a complementary food, in combination with nutrition education, was evident only in the younger children. This underscores the importance of beginning complementary feeding programmes during infancy, when nutrient needs relative to energy intake are the highest and the ability of the child to respond to a nutritional intervention is the greatest¹².

Small amounts of daily fortified complementary foods, provided for a year in addition to nutrition counselling, modestly increased linear growth and reduced stunting at 18 months of age. Growth deceleration occurred from 6 to 18 months of age, but deceleration in LAZ was lower (by 0.02–0.04/month) in the Plumpy'dôz ($P = 0.02$), rice-lentil (< 0.01), and chickpea (< 0.01) groups relative to the control group¹³.

Nutrition-specific interventions alone cannot fully address the multiple causes of stunting in Urban settings, which include poor sanitation, recurrent infections, food insecurity, and inadequate caregiving practices¹⁴. Tasikmalaya as an urban area, must pay attention to other factors in addressing the problem of stunting. Adaptability and tension for change were the facilitators for the implementation of nutrition interventions. Effective implementation of nutrition interventions requires a strong system for monitoring, supportive supervision and accountability¹⁵.

It is important to note that government policies are constantly evolving, and their implementation is subject to change. While the success of the Indonesian government's programs in addressing stunting has seen some positive developments, weaknesses remain. The Tasikmalaya city government continues to strive to improve the success of these programs through ongoing evaluation and adjustment. Careful monitoring and evaluation will help identify areas for improvement and determine further steps to address stunting in Tasikmalaya. The Integrated Health Service Post known locally as Posyandu program is a community-focused health initiative that is highly effective in the early identification of malnutrition in toddlers. Providing locally sourced food and macronutrient interventions will be effective during Posyandu implementation, thereby increasing maternal and child participation in Posyandu activities.

CONCLUSION

This study concludes that macronutrient intervention is the highest-priority strategy overall for accelerating stunting re-

duction in Tasikmalaya City, particularly when evaluated against the criteria of budgetary readiness, infrastructure, and community readiness. However, to achieve long-term institutional sustainability, this strategy must be integrated with a food insecurity-free environment program, which experts ranked highest from an institutional perspective. The success of stunting reduction hinges not only on providing key foods like eggs and milk but also on strengthening the supporting ecosystem, including the sustainable use of local food sources and optimizing the role of the Integrated Health Post (Posyandu). Future stunting alleviation policies should therefore be multi-sectoral, combining specific nutritional interventions with improvements in sanitation, family food security, and robust, continuous program monitoring and evaluation.

BIBLIOGRAPHY

1. WHO. (2014). *Childhood Stunting: Challenges and Opportunities. Report of a Promoting Healthy Growth and Preventing Childhood Stunting Colloquium*. WHO, Geneva.
2. Ministry of Health. (2019). *National Basic Health Research Report 2018*. Health Research and Development Agency. Jakarta: Ministry of Health.
3. Tasikmalaya City Health Office. (2020). *Report on Community-based Nutrition Recording and Reporting*. Tasikmalaya.
4. SUN Movement. (2020). *COVID-19 and nutrition: SUN movement information note*. Scaling Up Nutrition Movement Secretariat.
5. Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (2nd ed.). New York, NY: Springer.
6. Firdaus, M., Harmini, & Farid, M. A. (2013). *Application of Quantitative Methods for Management and Business* (2nd ed.). Bogor, Indonesia: IPB Press.
7. Priyono, P. (2020). Strategy for Accelerating Stunting Reduction in Rural Areas (case study of stunting prevention assistance in Banyumundu Village, Pandeglang Regency). *Journal of Good Governance*, 16(2), 149–174. <https://doi.org/10.32834/gg.v16i2.198>.
8. Susilo, J. (2022). Monitoring and Evaluation of Supplementary Feeding for Malnourished Toddlers. In *Proceedings of the National Scientific Meeting of the Indonesian Nutritionists Association*.
9. Nasrul, et al. (2024). The Determinants of Stunting in Stunting Focus Areas of Sigi Regency: A Study of Risk Factors and Recommendations for Intervention. *Clinical Nutrition and Hospital Dietetics*, 44(3). DOI:<https://doi.org/10.12873/443nasrul>.
10. Food Security Council. (2020). *Map of Food Security and Vulnerability of Indonesia*. Jakarta, Indonesia: Ministry of Agriculture of the Republic of Indonesia and World Food Programme (WFP).
11. Aisyah, Khomsan, Tanzihah, & Riyadi. (2024). Modeling Hidden Hunger in Toddlers to Determine The Most Influential Micronutrients in Stunting. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 44(3). DOI:<https://doi.org/10.12873/443khomsan>.
12. Dewey KG, Adu-Afarwuah S. Systematic review of the efficacy and effectiveness of complementary feeding interventions in developing countries. *Matern Child Nutr*. 2008;4 Suppl 1:24-85. doi:10.1111/j.1740-8709.2007.00124.
13. Christian P, Shaikh S, Shamim AA, Mehra S, Wu L, Mitra M, Ali H, Merrill RD, Choudhury N, Parveen M, Klemm RDW, West KP Jr. Effect of fortified complementary food supplementation on child growth in rural Bangladesh: a cluster-randomized trial. *Int J Epidemiol*. 2015 Oct;44(6):1862-76. doi:10.1093/ije/dyv155.
14. Goudet SM, Griffiths PL, Bogin BA, Madise NJ. Nutritional interventions for preventing stunting in children (birth to 59 months) living in urban slums in low- and middle-income countries (LMIC). *Cochrane Database Syst Rev*. 2019 Jun 24;2019(6): CD011695. doi:10.1002/14651858.CD011695.
15. Endris BS, Bekele T, Habtemariam T, Adane T, Alebel A, Kibret GD, et al. Barriers and facilitators to the implementation of nutrition interventions for under-five children: A systematic review. *Matern Child Nutr*. 2022;18(4):e13394. doi:10.1111/mcn.13394.

Synergistic effects of balanced diet education and Ramadan fasting on body weight in obese adolescents

Lieken Artarini MEHINGKO¹, Aminuddin AMINUDDIN², Nurpudji A TASLIM², Agussalim BUKHARI², Haerani RASYID^{2,3}, Nur ASHARI², A Arsyi A P SADIKIN²

1 Clinical Nutrition Specialist Program, Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

2 Department of Clinical Nutrition, Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

3 Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Hasanuddin University, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.

Recibido: 12/junio/2025. Aceptado: 1/octubre/2025.

ABSTRACT

Background: Obesity is a growing public health issue, driven by poor dietary habits and sedentary behavior during the transition from adolescence to early adulthood. Although Ramadan fasting, as part of the Muslim faith not intended for weight management, may offer health benefits when combined with balanced nutrition. This study aimed to evaluate the effectiveness of combining nutrition education with Ramadan fasting in reducing body weight, improving body composition and dietary habits among obese undergraduate students.

Methods: A randomized pretest–posttest control group study was conducted among 76 obese undergraduate students (BMI ≥ 25 kg/m²) at Hasanuddin University (February–April 2025). Participants were randomized by the closed-envelope method into an intervention group (balanced nutrition education with Ramadan fasting) or a control group (fasting only). Anthropometry and body composition were measured using standardized procedures with a Tanita BC-730 Bioelectrical Impedance Analyzer. Dietary intake was assessed with a baseline FFQ and repeated 24-hour recalls (eight times during Ramadan). Data were analyzed using Wilcoxon, Mann–Whitney, and independent *t*-tests, with significance set at $p < 0.05$.

Results: The intervention group achieved greater weight reduction (2.23 kg, $\approx 3\%$ vs. 1.52 kg, $\approx 2.1\%$; $p = 0.045$),

although the clinical relevance of this change was modest within a short duration. More substantial effects were noted in body composition, including significant reductions in fat mass (-3.21% ; $p = 0.002$), increases in muscle mass ($+3.55\%$; $p < 0.001$), and greater protein intake ($+8.53$ g; $p = 0.007$). An upward trend in fiber intake was also observed ($p = 0.059$).

Conclusion: Ramadan fasting combined with balanced nutrition education effectively improved body composition, nutrition knowledge, and healthy eating behaviors.

KEYWORD

Obesity, weight loss, balanced nutrition education, Ramadan fasting.

INTRODUCTION

Obesity, characterized by excessive fat accumulation, has emerged as a global public health concern due to its strong association with chronic conditions such as diabetes, cardiovascular disease, and certain cancers¹. Among young adults, particularly university students, the prevalence of overweight and obesity has risen significantly, with reports indicating that up to 30% of students fall into these categories². The transition to college life often marks a shift toward unhealthy lifestyle behaviors, including reduced physical activity and poor dietary habits for example, a study by Taslim, et al. (2023) conducted on a modern population in Indonesia indicated that dietary patterns with higher consumption of ultra-processed foods contribute to an increase in body mass index (BMI), waist circumference, and fat mass, which are factors associated with obesity^{3,12}. Psychosocial stressors, emotional eating, and a lack of nutritional knowledge further

Correspondencia:
Nurpudji A Taslim
pudji_taslim@yahoo.com

exacerbate the risk⁴. In Indonesia, the concept of balanced nutrition is promoted through national guidelines, yet adherence among students remains limited. Interventions targeting this population are essential, as eating habits formed during this stage have long-term health implications. Intermittent fasting, particularly during Ramadan, has shown promise as a culturally appropriate and effective weight management strategy, supported by evidence from various studies. Furthermore, behavioral interventions focused on nutritional education and self-regulation have demonstrated success in promoting weight loss in college populations⁵. This study aims to evaluate the effectiveness of a balanced nutrition education program and Ramadan fasting in reducing body weight among obese undergraduate student.

MATERIALS AND METHODS

Study design and Participants

This randomized pretest–posttest control group study was conducted at Hasanuddin University, Makassar, during the month of Ramadan (30 days) from February to April 2025. A total of 770 undergraduate students were screened for nutritional status; 90 met the inclusion criteria (BMI ≥ 25 kg/m² and who observed ramadan fasting), and 76 consented to participate. Fourteen participants were lost to follow-up (Figure 1). Participants were randomly assigned to either the intervention or control group using a closed-envelope randomization procedure. Allocation codes were prepared in advance, placed in identical opaque sealed envelopes, thor-

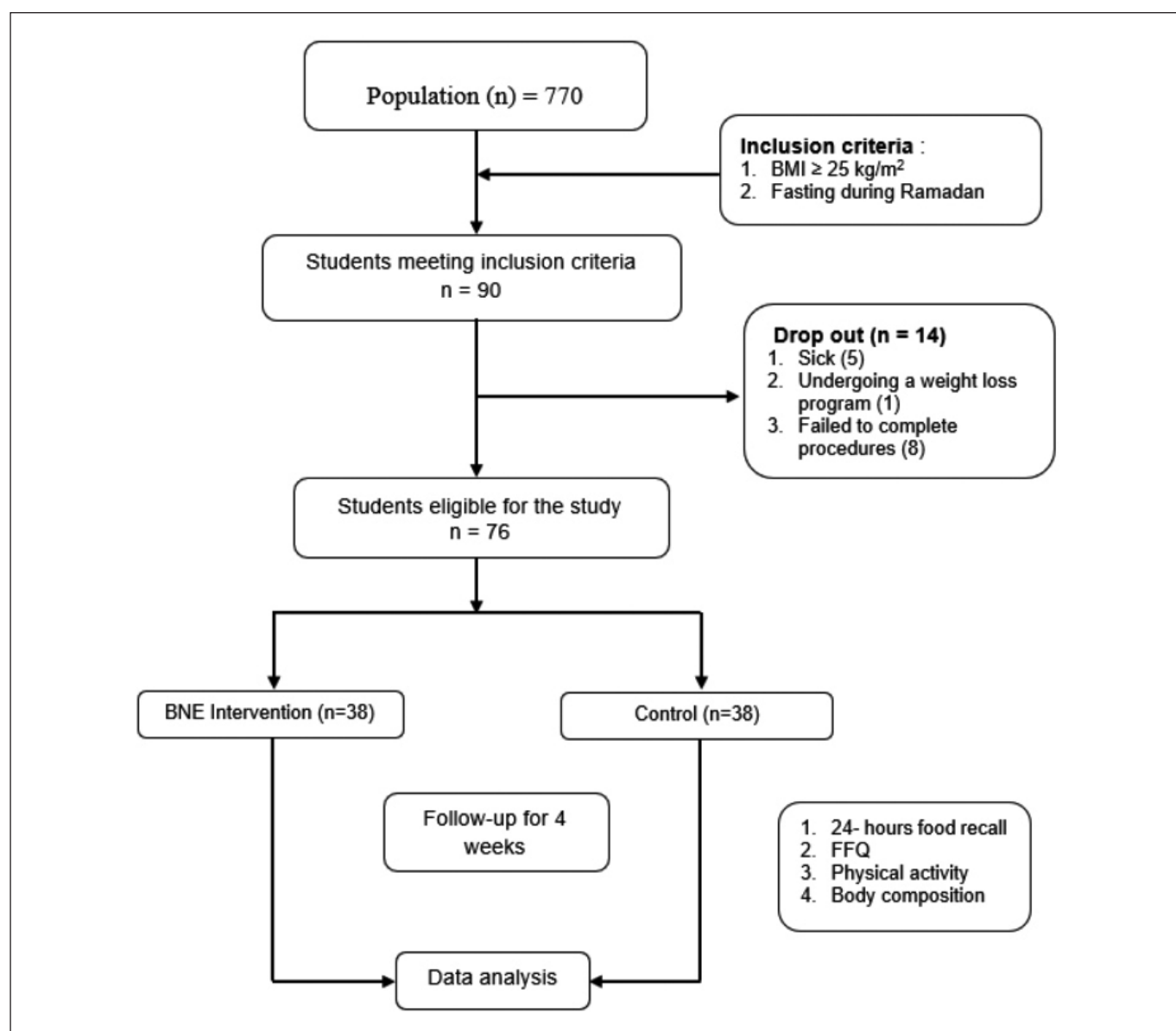


Figure 1. Flowchart of the study

oroughly shuffled, and drawn by each participant to determine group assignment. Thirty-eight participants were allocated to the intervention group, which received balanced nutrition education (BNE) in addition to Ramadan fasting, and thirty-eight to the control group (C), which underwent Ramadan fasting only, without educational support. Exclusion criteria included pregnancy, ongoing non-temporary diet programs, the use of diet drugs, and diagnosed psychological or severe sleep disorders. Participants could be withdrawn from the study due to refusal to comply, discontinuation of participation, or severe illness.

Recruitment occurred via WhatsApp, coordinated with class representatives, following ethical approval (No. 30/UN4.6.4.5.31/PP36/2025). Eligibility screening was followed by informed consent procedures. Data collection included demographic characteristics, anthropometric and body composition measurements, FFQ, 24-hours food recall, and physical activity via IPAQ. Anthropometric assessments and dietary recall were conducted before and after the intervention. The BNE group received structured nutrition education through WhatsApp counseling, printed materials, and weekly face-to-face sessions. All participants completed pre- and post-study questionnaires measuring knowledge and attitudes.

Dietary Intake Assessment

Dietary intake data was assessed using repeated 24-hours food recall and a baseline Food Frequency Questionnaire (FFQ). All study participants were instructed to complete the food recall form provided via the WhatsApp (WA) application. The 24-hours food recall was conducted twice a week: once on a weekday coinciding with campus activities (Wednesday or Thursday) and once on a weekend or holiday (Saturday or Sunday), resulting in a total of eight recalls per participant. Reported food intakes were initially recorded in household measures and subsequently converted to gram weights using the food exchange list. Nutritional analysis was performed using NutriSurvey 2005 software.

Anthropometric and Body Composition Measurements

Anthropometric data were obtained by measuring body weight (BW) using a calibrated analog scale, with participants wearing a single layer of standardized clothing to minimize measurement error. Body height (BH) was measured using a wall-mounted stadiometer, and Body Mass Index (BMI) was calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared (kg/m^2). Waist circumference and hip circumference were measured using a flexible measuring tape. All instruments were calibrated prior to measurement, and anthropometric assessments were conducted by trained clinical nutrition personnel following standardized procedures.

Body composition (fat mass, muscle mass, visceral fat, bone mass, and total body water) was assessed using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) with the Tanita Body Fat Analyzer (Model 730, Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL, USA). Participants stood barefoot on the device platform, wearing light clothing and free of any personal items such as phones, wallets, keys, bags, or accessories measurement was conducted according to the manufacturer's instructions, with participants standing in an upright position, arms relaxed at their sides, and heels properly aligned on the device's footplate electrodes.

Intervention: Balanced Nutrition Education

The BNE group received balanced nutrition education via counseling through the WhatsApp application. Educational materials included guidance on balanced nutrition during Ramadan, appropriate food selection for suhoor (pre-dawn meal) and iftar (breaking the fast), portion control, physical activity during Ramadan, and sample meal plans tailored to participants' living situations (e.g., living with family, in dormitories, or in rented rooms). Additional educational materials included flipcharts distributed to each participant, containing dietary guidelines from the Indonesia Ministry of Health (*'Isi Piringku'*), this guideline advocates for a balanced dietary pattern by distributing food portions into three key categories: vegetables and fruits (50%), carbohydrates (25%), and proteins (25%). Nutritional requirements for adolescents based on Recommended Dietary Allowances, and food exchange lists. Face-to-face education sessions were conducted once per week during participants' break time, with an average duration of 30 minutes or adjusted according to participant availability.

The effectiveness of the educational intervention was evaluated using weekly food recall reports submitted twice a week by each participant via private WhatsApp messages. If dietary intake reports were inconsistent with the balanced nutrition guidelines, participants were engaged in follow-up discussions to identify and address any challenges they encountered in following the recommendations.

Statistical analysis

Following data collection, the dataset was organized for statistical analysis. Normality testing revealed a non-normal distribution, prompting the use of non-parametric tests, specifically the Wilcoxon test (for paired comparisons) and the Mann-Whitney test (for independent group comparisons), conducted in SPSS version 26 (IBM Corp., Armonk, NY). Additionally, an independent t-test was performed in Microsoft Excel to compare mean (delta) values between variables. The analyses aimed to evaluate differences in anthropometric measures, body composition, and dietary recall before and after intervention across groups. Statistical significance was set at p value ≤ 0.05 .

RESULTS

A total of 76 respondents participated in this study, evenly divided between the intervention group, which received balanced nutrition education alongside Ramadan fasting, and the control group, which engaged in fasting alone. The demographic profiles of both groups were comparable, with no statistically significant differences in sex distribution, age, aca-

demic major, parental history of obesity, physical activity level, obesity category, sleep duration, waist-to-hip ratio, or other baseline characteristics, indicating a homogeneous starting point for both groups. (Table 1).

Anthropometric analysis showed that the intervention group had a significant reduction in body weight of -2.23 kg ($\approx 3\%$ of baseline; $p=0.000$), while the control group also

Table 1. Study Characteristics

Variables	Intervention Group		Control Group		p value
	n (%)	Mean±SD	n (%)	Mean±SD	
Gender					
Male	11 (28.9)		8 (21.1)		0.139 ^a
Female	27 (71.1)		30 (78.9)		
Age (years)		18.53±0.64		18.45±0.55	0.422 ^a
Study major					
Medicine	23 (60.5)		28 (73.7)		0.608 ^a
Veterinary medicine	3 (7.9)		1 (2.6)		
Nursing	4 (10.5)		3 (7.9)		
Physiotherapy	8 (21.1)		6 (15.8)		
History of family obesity					
Yes	20 (52.6)		24 (63.2)		0.745 ^a
No	18 (47.4)		14 (36.8)		
Supplement consumption					
Yes	1 (2.6)		0 (0)		1.000 ^a
No	37 (97.4)		38 (100)		
Weight loss program					
Yes	2 (5.2)		0 (0)		0.240 ^a
No	36 (94.7)		38 (100)		
Physical activity					
Low	11 (28.9)		9 (23.7)		0.191 ^a
Moderate	19 (50.0)		21 (55.3)		
High	8 (21.1)		8 (21.1)		

^a Chi-square test; ^b Wilcoxon test; ^c Mann-Whitney test; SD: Standar Deviation; p-value < 0.05 was considered significant.

Table 1 continuation. Study Characteristics

Variables	Intervention Group		Control Group		p value
	n (%)	Mean±SD	n (%)	Mean±SD	
Obesity category					
Obesity I	23 (60.5)		26 (68.4)		0.481 ^a
Obesity II	15 (39.5)		12 (31.6)		
Sleep duration (hours)		5.71±0.98		5.63±0.88	0.679 ^b
Hip circumference (cm)					
Male		101.68±6.35		103.25±6.58	0.329 ^c
Female		106.56±7.76		101.80±6.35	
Waist circumference (cm)					
Male		87.36±6.64		92.13±8.54	0.643 ^c
Female		91.39±5.60		88.23±6.30	
Waist-hip-ratio					
Male		0.84±0.10		0.89±0.04	0.861 ^c
Female		0.86±0.05		0.88±0.05	

^a Chi-square test; ^b Wilcoxon test; ^c Mann-Whitney test; SD: Standar Deviation; p-value < 0.05 was considered significant.

demonstrated a smaller reduction of -1.52 kg ($\approx 2.1\%$; $p=0.003$). The between-group difference was statistically significant ($p=0.045$), though the magnitude of weight loss remained clinically modest within this short-term 30-day period. Regarding BMI, the intervention group showed a significant

decline from 29.69 to 28.57 kg/m² ($p = 0.000$), while the control group exhibited no significant change ($p = 0.342$). Although the reduction in BMI appeared more pronounced in the intervention group, the between-group difference did not reach statistical significance ($p = 0.058$). (Table 2).

Table 2. Anthropometric comparison of intervention group and control group pre- and post-test

Variables	Pre-test	Post-test	p-value	Δ	p-value
	Mean (SD)	Mean (SD)		Mean (SD)	
Weight (kg)					
Intervention group	75.73 ± 11.11	73.83 ± 10.99	0.000 ^{a*}	-2.23 ± 1.39	0.045 ^{b*}
Control group	72.68 ± 10.92	71.54 ± 10.57	0.003 ^{a*}	-1.52 ± 2.06	
BMI (kg/m ²)					
Intervention group	29.69 ± 3.66	28.57 ± 3.68	0.000 ^{a*}	-0.77 ± 0.61	0.058 ^b
Control group	28.57 ± 2.72	28.13 ± 2.76	0.342 ^a	0.44 ± 1.04	

^a Mann-Whitney test; ^b Independent t-test; BMI: body mass index; SD: Standar Deviation; Δ : Difference of post and pre results; * p-value < 0.05 was considered significant.

In terms of body composition, the intervention group demonstrated a significant decrease in fat mass by 3.21% ($p = 0.000$), while the control group showed only a minimal, non-significant change of 0.11% ($p = 0.283$). The difference in fat mass reduction between the two groups was significant ($p = 0.002$). Muscle mass increased significantly in the intervention group by 3.55% ($p = 0.000$), whereas the control group experienced a non-significant decline of 2.04% ($p = 0.307$), resulting in a statistically significant difference between groups ($p = 0.000$). Additionally, visceral fat significantly decreased in the intervention group from 8.32 to 7.50 ($p = 0.022$), with no change in the control group ($p = 0.937$), leading to a significant intergroup difference ($p = 0.000$). (Table 3).

Dietary intake analysis based on 24-hour food recalls indicated that the intervention group significantly reduced energy intake by 431.19 kcal ($p = 0.000$), fat by 6.73 g ($p = 0.024$), and carbohydrates by 30.87 g ($p = 0.000$), while increasing protein intake by 8.53 g ($p = 0.007$). In contrast, the control group also showed a significant reduction in energy (270.73 kcal; $p = 0.000$) and carbohydrate intake (11.85 g; $p = 0.000$), but protein intake increased by only 1.21 g, which was not statistically significant ($p = 0.286$). The differences in changes between groups were significant for energy ($p = 0.002$) and protein intake ($p = 0.003$). No significant differences were observed between groups for fat, fiber, fructose, or sodium intake. However, fiber intake in the intervention group showed a positive trend toward increase ($p=0.059$), which is clinically relevant in the context of obesity (Table 4).

In assessing knowledge, the intervention group exhibited a notable improvement following the educational intervention. (Table 5).

DISCUSSION

The development of obesity during adolescence is a complex and multifactorial process shaped by genetic, behavioral, and environmental influences. While genetic predispositions influence adipose tissue storage and metabolism, lifestyle factors—particularly poor dietary choices and physical inactivity—play a more immediate role in the escalating prevalence of adolescent obesity. Increased availability of high-calorie, low-nutrient fast food, large portion sizes, and diets rich in sugars and fats significantly contribute to unhealthy weight gain in this population^{6,13}.

An important determinant of adolescent nutritional behavior is nutritional knowledge, which encompasses understanding food composition, nutrient bioavailability, and the relationship between diet and health. Deficiencies in this knowledge during adolescence can foster maladaptive dietary patterns, increasing the risk of both malnutrition and obesity. Addressing this issue requires targeted, multifaceted interventions adapted to adolescents' developmental and psychosocial needs^{6,7,9}. A study by Palupi et al.⁷, revealed that mindful eating education significantly improved body weight and macronutrient intake among overweight high school students (aged 15–17 years), though outcomes

Table 3. Comparison of body composition in both group pre- and post-test

Variables	Pre-test	Post-test	<i>p-value</i>	Δ	<i>p-value</i>
	Mean (SD)	Mean (SD)		Mean (SD)	
Fat mass (%)					
Intervention group	35,97 ± 7,81	32,76 ± 7,58	0,000 ^{a*}	-3,21 ± 3,75	0,002 ^{b*}
Control group	33,34 ± 7,04	34,44 ± 8,64	0,283 ^a	-0,11 ± 5,32	
Muscle mass (%)					
Intervention group	60,52 ± 8,30	64.49 ± 8,94	0,000 ^{a*}	3,55 ± 4,44	0,000 ^{b*}
Control group	63,64 ± 9,08	61,60 ± 6,90	0,307 ^a	-2,04 ± 6,34	
Visceral fat					
Intervention group	8,32 ± 2,16	7,50 ± 1,99	0,022 ^{a*}	-0,82 ± 0,76	0,000 ^{b*}
Control group	7,65 ± 2,21	7,54 ± 2,34	0,937 ^a	-0,11 ± 1,07	

^a Mann-Whitney test; ^b Independent t-test; SD: Standar Deviation; Δ: Difference of post and pre results; * p -value < 0.05 was considered significant.

Table 4. Comparison of 24-hour food recall in both group pre- and post-test

Variables	Pre-test	Post-test	P-value	Δ	P-value
	Mean (SD)	Mean (SD)		Mean (SD)	
Energy (Kkal)					
Intervention group	1584,92 ± 495,45	1153,72 ± 240,41	0,000 ^{a*}	-431,19 ± 220,15	0,002 ^{b*}
Control group	1569,36 ± 253,33	1298,63 ± 543,43	0,000 ^{a*}	-270,73 ± 267,43	
Protein (g)					
Intervention group	54,44 ± 18,54	62,98 ± 19,97	0,007 ^{a*}	8,53 ± 10,85	0,003 ^{b*}
Control group	46,19 ± 10,35	47,41 ± 19,55	0,286 ^a	1,21 ± 12,05	
Carbohydrate (g)					
Intervention group	167,47 ± 51,17	136,6 ± 42,77	0,000 ^{a*}	-30,87 ± 91,10	0,197 ^b
Control group	139,42 ± 75,52	127,57 ± 56,77	0,000 ^{a*}	-11,85 ± 79,94	
Fat (g)					
Intervention group	49,79 ± 13,65	43,05 ± 23,95	0,024 ^{a*}	-6,73 ± 24,43	0,201 ^b
Control group	43,43 ± 11,26	41,96 ± 22,53	0,164 ^a	-1,47 ± 25,89	
Fiber (g)					
Intervention group	6,11 ± 2,92	7,55 ± 2,59	0,059 ^a	1,44 ± 3,97	0,160 ^b
Control group	5,89 ± 3,19	6,51 ± 2,67	0,055 ^a	0,62 ± 3,43	
Fructose (g)					
Intervention group	54,64 ± 25,47	53,77 ± 38,99	0,552 ^a	-0,87 ± 47,28	0,453 ^b
Control group	51,03 ± 26,06	48,77 ± 31,52	0,509 ^a	-2,26 ± 41,51	
Natrium (g)					
Intervention group	3,46 ± 1,20	3,14 ± 2,07	0,380 ^a	-0,32 ± 1,47	0,326 ^b
Control group	3,52 ± 3,24	3,34 ± 3,01	0,215 ^a	-0,18 ± 1,24	

^a Mann-Whitney test; ^b Independent t-test; SD: Standar Deviation; Δ : Difference of post and pre results; * p-value < 0.05 was considered significant.

Table 5. Comparison of nutrition knowledge in both group pre- and post-test

Knowledge		Intervention group				Control group				p- value
		n	%	Mean	SD	n	%	Mean	SD	
Pre test	Good	4	10,6	1,58	0,50	0	0	1,74	0,44	0,000^{b*}
	Fair	23	60,5			28	73,7			
	Less	11	28,9			10	26,3			
Post test	Good	22	57,9	2,87	0,60	13	34,2	2,32	0,52	0,003^{b*}
	Fair	16	42,1			24	63,2			
	Less	0	0			1	2,6			
P value		0,020^{a*}				0,027^{a*}				

^a Chi-square test; ^b Wilcoxon test; SD: Standar Deviation; * p-value < 0.05 was considered significant.

did not differ significantly from the control group receiving standard care per Ministry of Health guidelines (GENTAS protocol).

The findings of this study demonstrated that both the intervention group (receiving balanced nutrition education) and the control group (no education) exhibited weight reduction among obese students. However, the intervention group achieved a greater mean weight loss (2.23 kg, $\approx 3\%$ of baseline) accompanied by a decrease in BMI, whereas the control group showed a more modest reduction (1.52 kg, $\approx 2.1\%$) without significant BMI changes. Similarly, Bagherniya et al.¹⁴, conducted a 7-month randomized controlled trial involving 172 overweight and obese adolescents, demonstrating that school-based educational interventions significantly reduced BMI and waist circumference, with more pronounced effects in the intervention group.

The present study further indicates that the combined intervention—incorporating the General Guidelines for Balanced Nutrition, the 'Isi Piringku' dietary model, and Ramadan fasting—positively influenced students' nutritional knowledge. This is consistent with the work of Puspikawati et al.¹⁵, who observed enhanced nutrition-related awareness among high school and university students following youth-led educational programs. Additionally, Herliyah et al.¹⁶, found that a two-month web-based She Smart education program significantly improved knowledge and attitudes toward nutrition among 47 obese adolescent girls. The intervention also emphasized mindful eating practices, fostering greater awareness of satiety cues and promoting prudent food choices outside the home. These findings corroborate the experimental study by Zahtamal et al.¹⁷, wherein nutrition counseling and discussions significantly improved adolescents' knowledge, attitudes, and behaviors regarding balanced diets. While this educational approach serves as an effective weight management strategy, its efficacy is comparable to other dietary interventions. Supporting evidence suggests that Ramadan fasting improves body composition, including BMI, body fat percentage, and waist-to-abdominal circumference ratios, likely due to hormonal adaptations involving leptin, ghrelin, and peptide YY—key regulators of appetite and digestion⁷.

In the personalized counseling education approach implemented in this study, respondents reported feeling a greater sense of privacy and comfort when discussing issues related to weight management, dietary habits, and physical activity. Notably, our findings demonstrated significant changes in dietary intake, particularly a reduction in macronutrient consumption—specifically energy, carbohydrates, and fat—in the intervention group. This pattern of reduced intake is consistent with previous findings from a study conducted in Qatar, which also observed improvements in body composition among participants fasting during Ramadan¹¹.

Importantly, our study also found a significant increase in protein intake among participants in the intervention group, as evidenced by 24-hour dietary recall data, which showed a higher consumption of animal-based proteins, particularly eggs and chicken. Despite the observed energy deficit from reduced carbohydrate and fat intake, the weight loss experienced by participants did not appear to compromise lean body mass. This outcome aligns with our balanced nutrition education strategy, which emphasized optimal protein consumption, controlled caloric intake, and structured physical activity to preserve muscle mass¹³. Supporting literature further reinforces this approach. Layman et al.⁸, reported that higher protein intake contributes to muscle retention and fat loss during weight reduction. Similarly, study by Paquin et al.¹⁸, indicated that increased muscle mass improves insulin sensitivity and reduces visceral fat accumulation.

This study also demonstrated a reduction in body fat mass accompanied by an increase in muscle mass in the intervention group, suggesting a favorable body composition change as a result of the intervention. In contrast, while the control group also experienced a reduction in body fat mass, this was accompanied by a concurrent loss of muscle mass, indicating a less optimal outcome. These findings are consistent with those reported by Villareal et al.¹⁹, who found that in obese individuals, regular resistance training combined with a low-calorie diet effectively reduced visceral fat without compromising muscle mass. Further supporting evidence is provided by Waters et al.²⁰, who demonstrated that a combined regimen of resistance and aerobic exercise can reduce visceral fat while maintaining muscle mass.

Dietary fiber emerged as another important finding, given its role in promoting satiety, supporting digestive health, and regulating glycemic response during fasting. Although the increase in fiber intake did not reach statistical significance, the intervention group demonstrated a positive upward trend ($p=0.059$). This finding is clinically relevant in the context of obesity, as higher dietary fiber intake is associated with improved satiety, reduced energy intake, and beneficial effects on body weight regulation and metabolic health. In contrast to Sulaiman et al.¹⁰, who reported a decline in fiber intake during Ramadan attributed to higher consumption of refined carbohydrates and fast foods at iftar, our findings are consistent with those of Jarrar et al.²¹, who observed that greater intake of fiber-rich foods such as vegetables, fruits, and whole grains during suhoor and iftar was associated with significant decreases in BMI and visceral adiposity among obese individuals.

Fructose and sodium intake declined slightly in both groups, though not significantly. This reduction may be attributed to changes in dietary patterns during fasting, such as reduced consumption of processed and sugary foods. Natural food preferences and the physiological demands of fasting, such as the need to maintain hydration and electrolyte bal-

ance, might have driven this shift. Although sodium plays a crucial role during fasting, excessive or insufficient intake can pose health risks, underscoring the importance of balanced consumption¹¹.

This study's integration of balanced nutrition education with Ramadan fasting offers a practical and cost-effective model for improving adolescent obesity outcomes. However, several limitations should be acknowledged. Only 76 of 770 screened students ($\approx 10\%$) participated, introducing a risk of selection bias and limiting generalizability. The short intervention period restricted the ability to assess long-term effects. Although repeated 24-hour recalls (eight per participant) supplemented with a baseline FFQ were used, dietary assessment remained less precise than long-term methods. Data collection was also constrained by university closures, preventing end-of-Ramadan measurements, and the sample was not stratified by gender or obesity classification, limiting subgroup analyses. Additionally, Eid celebrations and festive meals may have influenced dietary behaviors after Ramadan. Despite these limitations, high participant retention and adherence to fasting schedules enhanced internal validity.

CONCLUSION

Integrating balanced nutrition education with Ramadan fasting resulted in greater weight loss compared with fasting alone, although the clinical effect was modest over a short duration. More substantial benefits were observed in body composition, including reductions in fat mass and increases in muscle mass, supported by higher protein intake and a positive trend in fiber consumption. These findings highlight the value of incorporating structured nutrition education into Ramadan fasting as a culturally relevant strategy for obesity management. Further studies with larger, more representative samples and longer follow-up are warranted to confirm these results.

REFERENCES

1. Shafiee A, Nakhaee Z, Bahri RA, Amini MJ, Salehi A, Jafarabady K, et al. Global prevalence of obesity and overweight among medical students: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*. 2024;24(1):1673. doi: 10.1186/s12889-024-19184-4.
2. Telleria-Aramburu N, Arroyo-Izaga M. Risk factors of overweight/obesity-related lifestyles in university students: Results from the EHU12/24 study. *Br J Nutr*. 2022;127(6):914–26. doi: 10.1017/S0007114521001483.
3. Ramírez-Contreras C, Farrán-Codina A, Izquierdo-Pulido M, Zérón-Rugiero MF. A higher dietary restraint is associated with higher BMI: a cross-sectional study in college students. *Physiology & Behavior*. 2021;240:113536. doi: 10.1016/j.physbeh.2021.113536.
4. Suwalska J, Kolasińska K, Łojko D, Bogdański P. Eating Behaviors, Depressive Symptoms and Lifestyle in University Students in Poland. *Nutrients*. 2022;14(5):1106. doi: 10.3390/nu14051106.
5. Abdul Majid M, Osama M, Noman M, Nisa U, Haider I. Effect of Ramadan fasting on body weight and body mass index (BMI) in public sector undergraduate medical students of Peshawar. *Pak J Med Sci*. 2023;39(3):7017. doi:10.12669/pjms.39.3.7017.
6. Saraswati SK, Rahmaningrum FD, Pahsya MNZ, Paramitha N, Wulansari A, Ristantya AR, et al. Risk factors for obesity: a literature review. *MKMI*. 2021;20(1):70–4. doi:10.14710/mkmi.20.1.70-74.
7. Palupi KC, Fauziah NS, Utami DA, Purwara Dewanti L, Ronitawati P. The Effect of Ramadan Fasting Awareness Intervention on Macronutrient Intake, Fiber, Sugar, and Physical Activity Among Overweight Adolescent Girls. *AMNT*. 2022;6(1SP):146–56. <https://doi.org/10.20473/amnt.v6i1SP.2022.146-156>
8. Layman DK, Evans E, Baum JI, Seyler J, Erickson DJ, Boileau RA. Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *J Nutr*. 2005;135(8):1903–10. doi: 10.1093/jn/135.8.1903.
9. Merz KE, Thurmond DC. Role of Skeletal Muscle in Insulin Resistance and Glucose Uptake. *Compr Physiol*. 2020;10(3):785–809. <https://doi.org/10.1002/j.2040-4603.2020.tb00136.x>
10. Saraswati SK, Rahmaningrum FD, Pahsya MNZ, Paramitha N, Wulansari A, Ristantya AR, et al. Risk factors for obesity: a literature review. *MKMI*. 2021;20(1):70–4. doi:10.14710/mkmi.20.1.70-74.
11. Osman F, Haldar S, Henry CJ. Effects of time-restricted feeding during Ramadan on dietary intake, body composition and metabolic outcomes. *Nutrients*. 2020;12(8):2478. doi:10.3390/nu12082478.
12. Taslim NA, Handayani ND, Arruan W, Aminuddin A, Bukhari A, Faradillah A, et al. Dietary patterns and ultra-processed foods consumption in modern and traditional populations in South Sulawesi: an analysis of nutritional status and body composition. *Nutr Clin Diet Hosp*. 2023;43(1). doi:10.12873/431handayani.
13. Arruan W, Bukhari A, Handayani ND, Taslim NA, Faradillah A, Aminuddin. Relationship of physical activity with nutritional status and body composition in traditional and modern populations in South Sulawesi, Indonesia. *Nutr Clin Diet Hosp*. 2024;44(3). doi:10.12873/443arruan.
14. Bagherniya M, Sharma M, Mostafavi Darani F, Maracy MR, Safarian M, Allipour Birgani R, et al. School-based nutrition education intervention using social cognitive theory for overweight and obese Iranian adolescent girls: a cluster randomized controlled trial. *Int J Community Health Educ*. 2017;38(1):37–45. doi:10.1177/0272684X17749566
15. Puspikawati SI, Sebayang SK, Mathofani S. Nutrition education to prevent obesity among university students and school children through Generation Z cadres. *MGK*. 2024;13(2):563–79. doi:10.20473/mgk.v13i2.2024.563-579.

16. Herliah A, Baso YS, Hidayanty H, Syarif S, Aminuddin A, Bahar B. Effect of web-based She Smart education models on adolescent girls' knowledge, attitudes, and practice about obesity. *Int J Health Med Sci*. 2022;5(1):50-5. doi:10.21744/ijhms.v5n1.1832.
17. Zahtamal Z, Munir SM. Health education on dietary patterns and physical exercise for managing underweight adolescents. *Jurnal PKM*. 2019;2(01):64. doi:10.30998/jurnalpkm.v2i01.2939.
18. Paquin J, Lagacé JC, Brochu M, Dionne IJ. Exercising for insulin sensitivity – is there a mechanistic relationship with quantitative changes in skeletal muscle mass? *Front Physiol*. 2021;12:656909. doi:10.3389/fphys.2021.656909.
19. Villareal DT, Banks M, Sinacore DR, Siener C, Klein S. Effect of weight loss and exercise on frailty in obese older adults. *Arch Intern Med*. 2006;166(8):860. doi:10.1001/archinte.166.8.860.
20. Waters DL, Aguirre L, Gurney B, Sinacore DR, Fowler K, Gregori G, et al. Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on intermuscular and visceral fat and physical and metabolic function in older adults with obesity while dieting. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2021;77(1):131. doi:10.1093/gerona/glab111.
21. Jarrar AH, Beasley JM, Ohuma EO, Cheikh Ismail L, Qeshta DA, Mohamad MN, et al. Effect of high fiber cereal intake on satiety and gastrointestinal symptoms during Ramadan. *Nutrients*. 2019;11(4):939. doi:10.3390/nu11040939.

Enseñanza de mejores prácticas para la evaluación del pliegue tricipital en estudiantes de Educación física

Teaching best practices for tricipital fold assessment in physical education students

Camilo URRÁ ALBORNOZ¹, Ruben VIDAL ESPINOZA², Margoth RIVERA PORTUGAL³, Sergio VALDES RETAMAL⁴, Rossana GOMEZ CAMPOS⁴, Marco COSSIO BOLAÑOS⁴

¹ Universidad del Bío Bío, Chillán, Chile.

² Universidad Católica Silva Henríquez, Santiago, Chile.

³ Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

⁴ Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Recibido: 26/junio/2025. Aceptado: 1/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: El método de pliegues cutáneos es utilizado ampliamente en las ciencias de la salud y ejercicio, por lo que requiere de experiencia práctica para su medición.

Objetivo: Desarrollar un programa de enseñanza para medir el proceso de evaluación del pliegue cutáneo tricipital en estudiantes de Educación física.

Métodos: Se diseñó un estudio pre-experimental, se sometió a un programa de enseñanza para evaluar el pliegue tricipital de 2 sesiones de 120 minutos cada una durante 2 semanas a un grupo de universitarios. Se aplicó la escala de percepción a conocimientos sobre evaluación de la composición corporal (CC), evaluación antropométrica y ultrasonido del pliegue tricipital. Se utilizó estadística descriptiva, las comparaciones fueron por medio de test t para muestras similares. Para observar la concordancia entre ambos métodos se utilizó el plotaje de Bland-Altman. El nivel de significancia adoptado fue de 0.05.

Resultados: hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en la escala utilizada, luego de la aplicación de la enseñanza del proceso de medición del pliegue tricipital ($p < 0,05$). Los valores

promedios por antropometría (pliegue tricipital) fue de 17.01 ± 6.01 mm y por el método criterio (Bodymetrix) fue de 16.46 ± 5.60 mm. No se observó diferencias significativas entre ambos métodos. Se observa concordancia adecuada entre ambos métodos y los límites de acuerdo fueron -1.04 a 2.14 mm.

Conclusión: La clase práctica de corta duración puede ser efectiva para desarrollar competencias en la evaluación del pliegue tricipital y mejorar la autopercepción de los procesos evaluativos en estudiantes de educación física.

PALABRAS CLAVE

Composición corporal, Pliegue tricipital, Universitarios, procesos de enseñanza.

ABSTRACT

Introduction: The skinfold method is widely used in health and exercise sciences, so it requires practical experience for its measurement.

Objective: To develop a teaching program to measure the tricipital skinfold assessment process in physical education students.

Methods: A pre-experimental study was designed, a group of university students underwent a teaching program to evaluate the tricipital skinfold for 2 sessions of 120 minutes each during 2 weeks. The perception scale was applied to knowledge of body composition (BC) assessment, anthropometric

Correspondencia:
Rossana Gomez Campos
rossaunicamp@gmail.com

assessment and ultrasound of the tricipital fold. Descriptive statistics were used, comparisons were by means of t-test for similar samples. To observe the concordance between both methods, the Bland-Altman plot was used. The significance level adopted was 0.05.

Results: there were significant differences ($p < 0.05$) in the scale used, after the application of the teaching of the tricipital fold measurement process ($p < 0.05$). The average values by anthropometry (tricipital fold) was 17.01 ± 6.01 mm and by the criterion method (Bodymetrix) was 16.46 ± 5.60 mm. No significant differences were observed between the two methods. Adequate agreement was observed between both methods and the limits of agreement were -1.04 to 2.14 mm.

Conclusion: The practical class of short duration can be effective to develop competences in the evaluation of the tricipital fold and to improve the self-perception of the evaluative processes in physical education students.

KEY WORDS

Body composition, Tricipital fold, University students, teaching processes.

INTRODUCCIÓN

El papel de la educación física en la salud pública radica en su importancia para abordar los problemas de salud¹. En ese sentido, los profesionales de esta área, a menudo trabajan en la promoción de la salud, el rendimiento físico y la prevención de enfermedades. Por ello, la antropometría es un pilar fundamental para el trabajo de campo del profesor de educación física, por lo que resulta esencial incorporar actividades durante su formación profesional.

La antropometría se considera generalmente como el método más fácil, económico y no invasivo que refleja la composición corporal (CC)². De hecho, el proceso de evaluación de la CC puede proporcionar al profesional de la salud información valiosa para educar e informar a los clientes sobre el riesgo de enfermedades crónicas, evaluar los resultados de la intervención de dieta y ejercicio y realizar un seguimiento de los cambios musculoesqueléticos concomitantes con el envejecimiento³.

Desde esa perspectiva, el método de pliegues cutáneos se utiliza ampliamente en los campos de la ciencia del ejercicio y la nutrición clínica⁴, por lo que es necesario conocer los procedimientos de evaluación y a su vez requiere de experiencia práctica para su medición. La medición del espesor de los pliegues adiposos subcutáneos sirve, tanto para analizar la CC como la distribución de la grasa corporal.

El pliegue tricipital es uno de los más utilizados ya que junto a la medida del perímetro del brazo, permite estimar la CC a nivel meso braquial y junto a la medida de los pliegues del bíceps, subescapular y suprailíaco, la CC total, aplicando ecuaciones específicas^{4,5}. Sin duda, la habilidad del antropo-

metrista es importante para garantizar la precisión y confiabilidad de la medida, lo que se puede lograr con un adecuado entrenamiento⁶⁻⁸.

En consecuencia, es fundamental que los evaluadores y/o estudiantes de la carrera de educación física reciban una capacitación adecuada, continua, teórica y práctica para dominar el procedimiento de medición del pliegue tricipital. Para ello, este estudio diseñó un pequeño programa de enseñanza para aprender a evaluar el pliegue tricipital usando un calíper estandarizado.

Por lo tanto, en primer término, se pretende desarrollar un programa de enseñanza para capacitar a los estudiantes de educación física en la medida del pliegue tricipital mediante dos métodos, la plicometría y el ultrasonido. En segundo lugar, se persigue evaluar la percepción del alumnado sobre el proceso de aprendizaje.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Se diseñó un estudio pre-experimental encaminado a entrenar a un grupo de estudiantes para medir el pliegue tricipital. Se sometió a los alumnos a un curso teórico práctico sobre el tema aplicando al principio y al final del mismo un cuestionario sobre percepción del conocimiento sobre evaluación antropométrica del pliegue tricipital a partir de antropometría y ultrasonido.

Muestra

Se seleccionaron por conveniencia 45 universitarios (30 hombres y 15 mujeres), pertenecientes a la carrera de pedagogía en educación física de una universidad chilena. El rango de edad fue de 21 a 24 años. Se incluyeron en este estudio a los alumnos que cursaban el módulo de promoción de estilos de vida saludable, perteneciente al octavo semestre de la carrera. Se excluyeron a los alumnos que la clase práctica. El estudio tuvo un informe favorable del comité de ética de la Universidad (CE-UCM-238-2023).

Técnicas y procedimientos

Escala

Para medir la percepción de conocimientos sobre evaluación de la CC se aplicó se utilizó la técnica de la encuesta. El instrumento utilizado fue una escala de 10 preguntas. La tabla 1, muestra las dimensiones, preguntas, alternativas y sus puntajes correspondientes. El puntaje de la escala va de 10 a 27 puntos. El instrumento presentó una consistencia interna de Alpha de Cronbach de $r = 0,798$.

Antropometría

Para la antropometría se utilizó el protocolo propuesto por Ross & Marfell-Jones^{8,9} para la medición del pliegue tricipital.

Tabla 1. Operacionalización de la escala para medir la percepción de conocimientos sobre la evaluación de la CC en estudiantes de educación física

n	Dimensiones	Preguntas	Alternativas de respuesta		
1	Método	Conozco los métodos de laboratorio para medir composición corporal	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
2		He utilizado métodos de laboratorio para medir de composición corporal	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
3		Conozco los métodos de campo para medir composición corporal	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
4		He utilizado métodos de campo para la evaluación de composición corporal	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
5	Experiencia	He medido la masa grasa a diferentes sujetos	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
6		He medido la masa muscular a diferentes sujetos	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
7		He medido la masa ósea a diferentes sujetos	Bastante (3)	Poco (2)	Nada (1)
8	Interpretación	Conozco los niveles adecuados de masa grasa para sujetos por sexo y edad	Si (2)	No (1)	
9		Conozco los niveles adecuados de masa muscular grasa para sujetos por sexo y edad	Si (2)	No (1)	
10		Conozco los niveles adecuados de masa ósea para sujetos por sexo y edad	Si (2)	No (1)	

El pliegue se ubica de manera vertical en el punto medio entre el acromion y el olecranon en la parte posterior del brazo. El procedimiento consiste en ubicar el medidor (caliper) detrás del sujeto y coloca la palma de su mano izquierda sobre el brazo del sujeto por encima de la marca, con el pulgar y los dedos dirigidos hacia abajo. Una vez ubicado el caliper, se deja entre 2 a 4 segundos ejerciendo la presión y realizar la lectura. Para la medición se utilizó un compás de pliegues cutáneos Harpenden (Made in England) con una presión constante de 10g/mm².

El pliegue tricipital se tomó de acuerdo a los lineamientos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría^{9,10} y con un calibre Harpenden de presión constante 10g/mm² y precisión 1 mm. Una vez marcado el punto medio entre el acromion y el olecranon, el antropometrista realiza la medición tomando verticalmente con los dedos el pliegue adiposo sobre el tríceps y aplicando el adipómetro sobre la marca durante un tiempo de 2 a 4 segundos antes de realizar la lectura.

Ultrasonido

La medición del grosor de la grasa subcutánea se realizó con el sistema de ultrasonido BodyMetrix™ BX2000 y el software BodyView™ Professional. Las mediciones se realizaron en el tríceps del brazo derecho, se aplicó gel conductor de ul-

trasonidos a la sonda de transmisión. Esta se ubica perpendicularmente al punto de medición realizando pequeños movimientos de 2-3 cm aproximadamente, a través de la piel, hacia delante y hacia atrás, durante 3-5 segundos. La presión aplicada a la piel por el transductor es ligera para evitar la compresión de la piel y cambios en el grosor de la grasa subcutánea. El programa determina automáticamente el grosor de la grasa corporal total.

Programa de intervención

Tras una prueba de conocimientos sobre el tema (la escala) se prepararon dos sesiones (120 minutos cada/una) enfocadas al aprendizaje de los fundamentos teóricos y la aplicación práctica de las técnicas antropométrica y ecográfica para la medida del pliegue tricipital. El modelo de intervención contaba con una clase teórica guiada para la primera sesión y un modelo de aprendizaje colaborativo en la segunda sesión. Los contenidos desarrollados en la sesión teórica fueron:

- Reseña historia de evaluación de la composición corporal
- Conceptualización de composición corporal
- Métodos de evaluación composición corporal
- Método directo: Disección de cadáveres

- Métodos indirectos (Densitometría, DXA) y doblemente indirectos (Antropometría y BIA)
- Técnicas e instrumentos de medición

Para la sesión práctica fueron:

- Instrumentos, técnicas y procedimientos de medición
 - Pliegue tricipital por antropometría
 - Pliegue tricipital por bodymetrix
- Interpretación de resultados

Durante la clase práctica, un profesor experto (criterio) guio las mediciones de todos los alumnos. Luego cada alumno practicó la medición alrededor de 10 veces, hasta reducir el error técnico ETM de medida intra-evaluador ($<5\%$). Una vez adquirida la experiencia, cada alumno evaluó el pliegue tricipital y dichos valores fueron contrastados con el Bodymetrix. Este equipo mide el gros del pliegue cutáneo a través de imagen como se vio anteriormente.

Estadística

La prueba de normalidad de shapiro Wilk se utilizó para verificar la normalidad de los datos. Para la caracterización de la muestra estudiada se utilizó estadística descriptiva de frecuencia y porcentaje, las comparaciones de la escala aplicada pre y post test fueron por medio de test t para muestras relacionadas. Las comparaciones entre los valores de medición por el método antropométrico (pliegue cutáneo tricipital) y el método criterio se observaron por medio de test t para muestras relacionadas. Para observar la concordancia entre ambos métodos se utilizó el plotaje de Bland-Altman. El nivel de significancia adoptado fue de 0.05. Los datos inicialmente fueron guardados en planillas de Microsoft Excel, luego se exportaron al programa SPSS 16.0 para los cálculos.

RESULTADOS

En la tabla 2 se describen las comparaciones de la escala aplicada antes y después. En las tres dimensiones (métodos,

experiencia e interpretación) hubo diferencias significativas luego de la aplicación de la enseñanza del proceso de medición del pliegue tricipital ($p<0.05$).

Las comparaciones entre los valores de medición por el método antropométrico (pliegue cutáneo tricipital) y el método criterio se observan en la figura 1. No se observó diferencias significativas entre ambos métodos, los valores promedios para el grosor del pliegue cutáneo tricipital fueron $17,01\pm 6,01\text{mm}$ y por el método criterio (Bodymetrix) fue de $16,46\pm 5,60\text{ mm}$. En la figura 2, se ilustra el plotaje de Bland-Altman entre ambos métodos. Se observa concordancia adecuada entre ambos métodos y los límites de acuerdo fueron $-1,04$ a $2,14\text{mm}$.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio sugieren que el método antropométrico de medición del pliegue cutáneo tricipital puede ser utilizado como una alternativa válida y práctica al método de ultrasonido (Bodymetrix) para evaluar el grosor del pliegue tricipital en estudiantes de educación física.

La similitud en los valores promedio y la adecuada concordancia observada en el análisis de Bland-Altman indican que ambos métodos ofrecen resultados comparables, dentro de márgenes aceptables de variabilidad.

Algunas investigaciones han verificado resultados relativamente similares al del presente estudio^{11,12}, utilizando método antropométrico y Bodymetrics, aunque, algunos también han verificado discrepancias entre ambos métodos^{13,14}.

En general, el estudio demostró que el programa de enseñanza de medición del pliegue tricipital ha permitido mejorar no solo el dominio práctico de la manipulación del adipómetro, y de la región anatómica del pliegue, sino también mejorar o la autopercepción de los procesos de evaluación de la CC. Estos hallazgos están respaldados por estudios con similares objetivos, donde la enseñanza de la medición de los pliegues cutáneos facilitan el aprendizaje cognitivo y pueden ser utilizados como herramienta pedagógica para la instrucción individual y la retroalimentación en el aula^{15,16}.

Tabla 2. Autopercepción sobre el proceso de evaluación de la CC

Dimensiones	Antes de la actividad de formación		Después de la actividad de formación		p
	X	DE	X	DE	
Métodos	7,27	1,34	9,02	1,50	0,001
Experiencia	4,20	1,38	5,62	1,27	0,001
Interpretación	3,82	1,15	4,62	1,25	0,001
Total	15,29	2,94	19,27	3,35	0,001

X= valor promedio, DE= desviación estándar, p= valor de diferencia significativa.

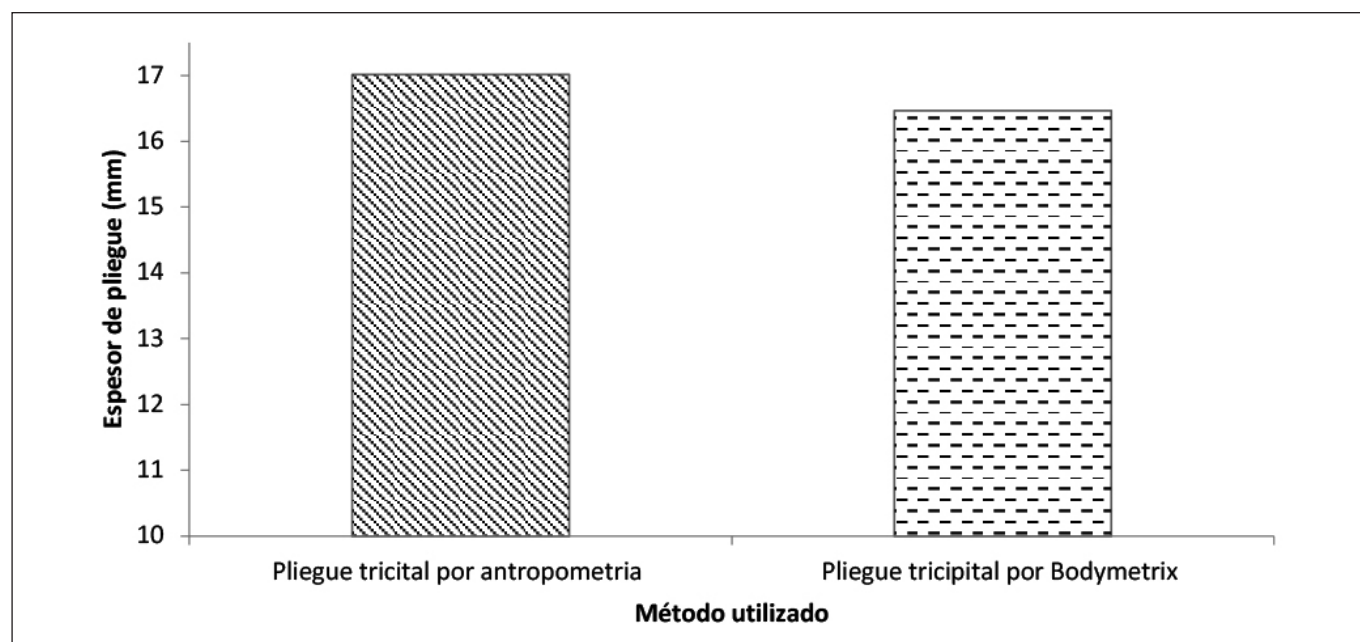


Figura 1. Comparación de los valores medios y DE del pliegue cutáneo tricital con el método criterio Bodymetrix

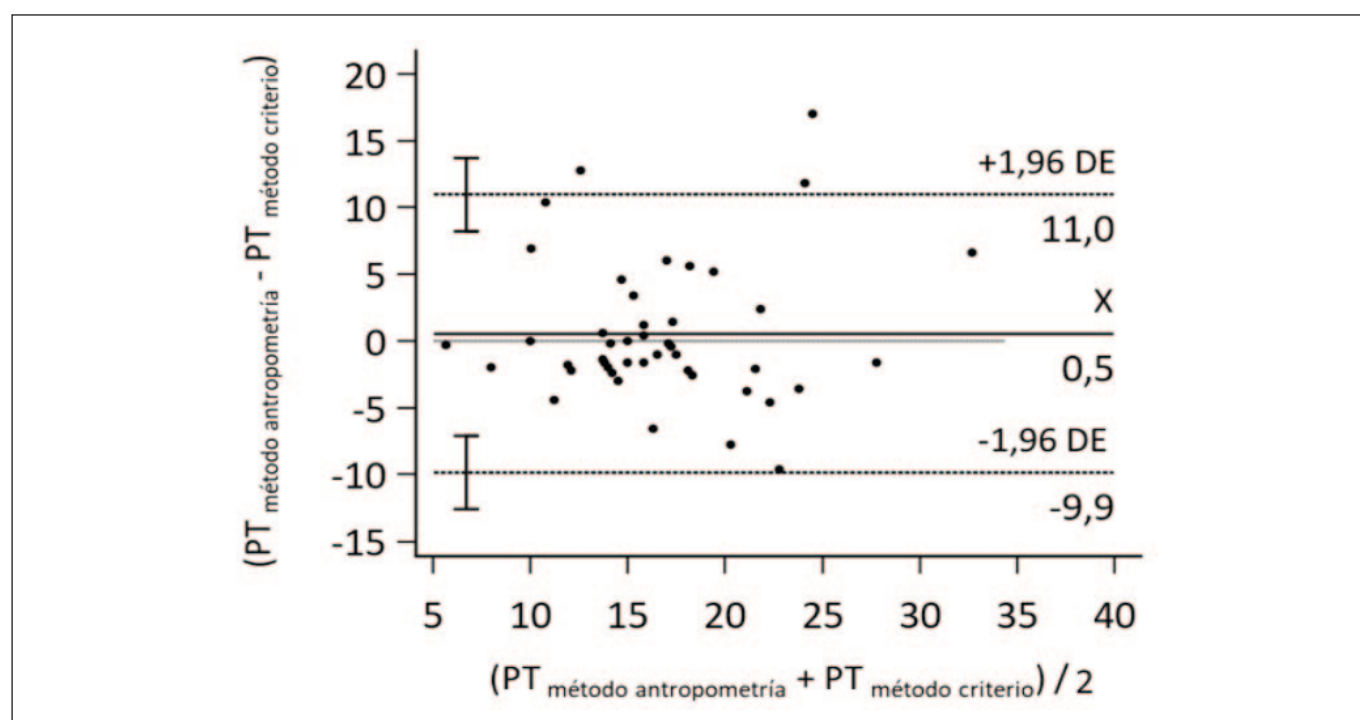


Figura 2. Concordancia entre la medida del pliegue tricital por el método antropométrico y el de ultrasonido (Bodymetrix)

Pues este tipo de programas contribuyen a la formación integral de los estudiantes, desarrollo de habilidades prácticas para la evaluación de la CC y al mismo tiempo fomentan la comprensión de los procesos relacionados con la salud y el rendimiento físico¹⁷.

Históricamente, las mediciones antropométricas de rutina se han empleado en los campos de la nutrición, la medicina, el deporte y la ergonomía¹⁸. Sin embargo en la actualidad, los avances científicos han permitido el desarrollo de nuevas técnicas para evaluar la CC en el humano¹⁹. por lo que resulta

fundamental que los profesionales de la educación física conozcan y apliquen estos métodos para mejorar la precisión durante sus evaluaciones.

En ese contexto el Bodymetrics es un equipo portátil como un adipómetro de pliegues cutáneos, el cual, disminuye los errores de medición, evita la palpación de la piel, mide el espesor del músculo adyacente, así como el espesor del tejido adiposo subcutáneo¹¹. Este equipo permite medir hasta siete pliegues cutáneos, caracterizándolo por su facilidad de uso y rapidez durante el proceso de medición²⁰.

En general, el pliegue cutáneo tricipital se ha utilizado ampliamente como método para estimar la densidad y la adiposidad corporal, se caracteriza por ser una técnica no invasiva, de fácil de aplicación, económica y ampliamente utilizada a grandes muestras²¹. Esta técnica antropométrica se ha popularizado para evaluar el tejido adiposo en la salud y el deporte. Por ello, es necesario que los futuros profesionales de la carrera de educación física tengan amplio dominio de esta técnica. Pues les permitirá no solo realizar evaluaciones necesarias de la CC, sino también interpretar adecuadamente los resultados para diseñar estrategias personalizadas que promuevan la salud y el rendimiento físico. Además, el dominio de esta técnica fortalece su formación profesional, al integrarla como una herramienta clave en la promoción de estilos de vida activos y saludables, y en la evaluación de indicadores relacionados con la prevención de enfermedades relacionadas al estado nutricional.

La disponibilidad de herramientas accesibles, junto con una formación adecuada en su uso, asegura la validez de los datos recolectados y permite obtener información útil para la evaluación de la CC en diversos entornos. Esto resulta particularmente importante en comunidades con limitaciones económicas o logísticas, donde el método antropométrico puede desempeñar un papel crucial en la promoción de la salud y la investigación aplicada.

El estudio presenta algunas fortalezas, por ejemplo, el uso del programa de enseñanza de medición del pliegue tricipital en dos clases de corta duración es de fácil aprendizaje para el alumno y de una utilidad replicable para profesores del área en docencia universitaria.

También presenta algunas debilidades como presentar solo un grupo experimental, se sugiere en otras investigaciones considerar un grupo control, y la utilización del programa de enseñanza en otros tipos de poblaciones, por ejemplo con alumnos de programas de post grado.

CONCLUSIÓN

La clase práctica de corta duración puede ser efectiva para desarrollar competencias en la evaluación del pliegue tricipital y mejorar la autopercepción de los procesos evaluativos en estudiantes de educación física. Asimismo, la concordancia

entre los valores obtenidos con el calibrador y el método criterio (Bodymetrics) respalda la utilidad del método antropométrico como una alternativa válida y accesible. Esto resalta la importancia de integrar actividades prácticas en la formación profesional, fortaleciendo tanto las habilidades técnicas como la confianza en la aplicación de métodos científicos en el ámbito de la salud y el deporte.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto financiado por el departamento de investigación en docencia universitaria de la Universidad Católica del Maule.

REFERENCIAS

1. Sallis, J.F., & McKenzie, T.L. Physical education's role in public health. *Res Q Exerc Sport*. 1991 Jun;62(2):124-37. <https://doi.org/10.1080/02701367.1991.10608701>. PMID: 1925034.
2. Tur, J.A., & Bibiloni, M.D.M. Anthropometry, Body Composition and Resting Energy Expenditure in Human. *Nutrients*. 2019 Aug 14;11(8):1891. <https://doi.org/10.3390/nu11081891>.
3. Ferguson, B. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 9th Ed. 2014. The Journal of the Canadian Chiropractic Association. 2014;58(3):328.
4. Heyward, V.H. Applied body composition assessment. *Champaign Human Kinetics*. 2002;2-20.
5. Heymsfield, S.B., Wang, Z., Baumgartner, R.N., & Ross, R. Human body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr*. 1997;17:527-58. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.17.1.527>.
6. Holmstrup, M.E., Verba, S.D., & Lynn, J.S. Developing best practices teaching procedures for skinfold assessment: observational examination using the Think Aloud method. *Adv Physiol Educ*. 2015 Dec;39(4):283-7. <http://doi.org/10.1152/advan.00044.2015>.
7. Kasper, A.M., Langan-Evans, C., Hudson, J.F., Brownlee, T.E., Harper, L.D., Naughton, R.J., Morton, J.P., & Close, G.L. Come Back Skinfolks, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice. *Nutrients*. 2021 Mar 25;13(4):1075. <https://doi.org/10.3390/nu13041075>.
8. Marrodán Serrano, M.D., & González Montero de Espinosa, M. Antropometría: un recurso esencial en la evaluación del estado nutricional. Martínez Álvarez JR; Villarino Marín A (eds). 2018 Edición Punto Didot. Madrid.
9. Ross, W.D., & Marfell-Jones, M.J. Kinanthropometry. Physiological testing of elite athlete. London: Human Kinetics; MacDougall, JD, Wenger, HA, Geeny, HJ, Eds. 1991;223-308.
10. Cabañas, M.D., & Esparza, F. Manual de Cineantropometría. 2007. Editorial CTO: Madrid.
11. Bielemann, R.M., Gonzalez, M.C., Barbosa-Silva, T.G., Orlandi, S.P., Xavier, M.O., Bergmann, R.B., & Assunção, M.C. Grupo de Estudos em Composição Corporal e Nutrição-CoCoNut. Estimation of body

- fat in adults using a portable A-mode ultrasound. *Nutrition*. 2016 Apr;32(4):441-6. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.10.009>.
12. Baranauskas, M.N., Johnson, K.E., Juvancic-Heltzel, J.A., Kappler, R.M., Richardson, L., Jamieson, S., & Otterstetter, R. Seven-site versus three-site method of body composition using BodyMetrix ultrasound compared to dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017 May;37(3):317-321. <https://doi.org/10.1111/cpf.12307>.
 13. Toomey, C., McCreesh K., Leahy S., & Jakeman P. Technical Considerations for Accurate Measurement of Subcutaneous Adipose Tissue Thickness Using B-Mode Ultrasound. *Ultrasound*. 2011;19:91-96. <https://doi.org/10.1258/ult.2011.010057>
 14. Lewandowski, Z., Dychała, E., Pisula-Lewandowska, A., & Danel, D.P. Comparison of Skinfold Thickness Measured by Caliper and Ultrasound Scanner in Normative Weight Women. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Dec 4;19(23):16230. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316230>.
 15. Whitehead, J.R., Eklund, R.C., & Williams, A.C. Using skinfold calipers while teaching body fatness-related concepts: cognitive and affective outcomes. *J Sci Med Sport*. 2003 Dec;6(4):461-76. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(03\)80272-4](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(03)80272-4).
 16. Holmstrup, M.E., Verba, S.D., & Lynn, JS. Developing best practices teaching procedures for skinfold assessment: observational examination using the Think Aloud method. *Adv Physiol Educ*. 2015 Dec;39(4):283-7. <https://doi.org/10.1152/advan.00044.2015>.
 17. Oukheda, M., Bouaouda, K., Mohtadi, K., Lebrazi, H., Derouiche, A., Kettani, A., Saile, R., & Taki, H. Association between nutritional status, body composition, and fitness level of adolescents in physical education in Casablanca, Morocco. *Front Nutr*. 2023 Nov 7;10:1268369. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1268369>.
 18. Utkualp, N., & Ercan, I. Anthropometric Measurements Usage in Medical Sciences. *Biomed Res Int*. 2015;2015:404261. <https://doi.org/10.1155/2015/404261>.
 19. da Costa RF, Nogueira RC, Fisberg M, Ferrari G. Editorial: Body composition assessment techniques in clinical and epidemiological settings: Development, validation and use in dietary programs, physical training and sports. *Front Nutr*. 2023 Jan 31;10:1146553. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1146553>.
 20. Elsey, A.M., Lowe, A.K., Cornell, A.N., Whitehead, P.N., & Connors, R.T. Comparison of the Three-Site and Seven-Site Measurements in Female Collegiate Athletes Using BodyMetrix™. *Int J Exerc Sci*. 2021 Apr 1;14(4):230-238. <https://doi.org/10.70252/MBCK9241>.
 21. Zuchinali, P., Souza, G.C., Alves, F.D., d'Almeida, K.S., Goldraich, L.A., Clausell, N.O., & Rohde, L.E. Triceps skinfold as a prognostic predictor in outpatient heart failure. *Arq Bras Cardiol*. 2013 Nov;101(5):434-41. <https://doi.org/10.5935/abc.20130185>.

Relación entre antioxidantes y la dieta humana: ¿Sabes los antioxidantes que comes?

Relationship between antioxidants and the human diet: Do you know the antioxidants you eat?

María Fernanda FERNÁNDEZ-LEÓN¹, Cristian Alexis QUISILEMA PULUPA¹, Ana María FERNÁNDEZ-LEÓN²

1 Farmacia Galénica y Tecnología Alimentaria. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid, España.

2 Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX), Área de Postcosecha, Valorización Vegetal y Nuevas Tecnologías, Badajoz, España.

Recibido: 21/julio/2025. Aceptado: 1/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: El aumento de enfermedades crónicas ha impulsado el interés por los antioxidantes presentes en los alimentos y su relación con la salud. Sin embargo, persisten dudas sobre el conocimiento que las personas poseen al respecto.

Objetivo: Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal con el objetivo de evaluar el nivel de conocimiento y su relación con el estilo de vida y factores sociodemográficos en adultos residentes en España.

Materiales y métodos: La población objetivo fueron residentes en España y el tamaño de la muestra se calculó mediante una fórmula para poblaciones infinitas, resultando en 153 participantes, los cuales fueron seleccionados por conveniencia online. Se utilizó la escala de Fiabilidad y validez de la Escala de valoración del estilo de vida saludable adquirido (E-VEVSA).

Resultados: Los resultados mostraron que el 73,2% de los participantes tuvo un nivel alto de conocimiento sobre antioxidantes, mientras que el 26,8% fue clasificado como bajo. Por otro lado, el 84,31% mostró un estilo de vida poco saludable, el 7,19% una tendencia hacia la salud y solo el 8,50% presentó un estilo nada saludable, considerando en estos datos aspectos como la nutrición, estado físico y psíquico, horas

de sueño y práctica de deporte, entre otras. Se observaron asociaciones significativas entre el nivel de conocimiento y variables sociodemográficas como el estado civil y el ingreso mensual. La prueba de chi-cuadrado confirmó la relación entre el estado civil y el conocimiento. En contraste, no se hallaron asociaciones significativas entre el estilo de vida saludable y variables como sexo, nivel educativo u ocupación.

Conclusiones: Estos hallazgos resaltan la necesidad de intervenciones educativas centradas en los factores sociodemográficos para mejorar tanto el conocimiento sobre antioxidantes como los hábitos saludables.

PALABRAS CLAVE

Conocimiento nutricional, hábitos alimentarios, factores sociodemográficos.

ABSTRACT

Introduction: The rise of chronic diseases has increased interest in antioxidants found in food and their relationship to health. However, questions remain about people's knowledge of this topic.

Objective: A quantitative, descriptive, and cross-sectional study was conducted to assess the level of knowledge and its relationship with lifestyle and sociodemographic factors in adults residing in Spain.

Material and methods: The target population consisted of Spanish residents, and the sample size was calculated using a formula for infinite populations, resulting in 153 participants, which were selected for convenience online. The

Correspondencia:
María Fernanda Fernández-León
mariafef@ucm.es

Reliability and Validity Scale of the Acquired Healthy Lifestyle Assessment Scale (E-VEVSA) was used.

Results: Results showed that 73.2% of participants had a high level of knowledge about antioxidants, while 26.8% were classified as having low knowledge. Additionally, 84.31% reported an unhealthy lifestyle, 7.19% showed a tendency towards health, and only 8.50% had a completely unhealthy lifestyle, taking into account aspects such as nutrition, physical and mental health, hours of sleep and participation in sports, among others. Significant associations were observed between the level of knowledge and sociodemographic variables such as marital status and monthly income. A chi-square test confirmed the relationship between marital status and knowledge. In contrast, no significant associations were found between lifestyle and variables such as sex, educational level, or occupation.

Conclusions: These findings highlight the need for educational interventions focused on sociodemographic factors to improve both antioxidant knowledge and healthy habits.

KEYWORDS

Nutritional knowledge, eating habits, sociodemographic factors.

INTRODUCCIÓN

El entorno social contemporáneo enfrenta un desafío global en relación con las enfermedades crónicas, entre ellas destacan las afecciones cardiovasculares, la diabetes o incluso el cáncer. Un planteamiento ampliamente aceptado señala al estrés oxidativo como punto clave en el desarrollo de estas patologías¹.

El término "antioxidante" se utiliza generalmente para describir la capacidad de ciertas sustancias con el fin de prevenir el daño oxidativo. Este estrés oxidativo es un mecanismo relacionado con numerosas enfermedades de alta prevalencia. En los últimos años, diversas investigaciones han demostrado los beneficios asociados con el consumo de compuestos antioxidantes, fomentando la inclusión en la alimentación. Los antioxidantes son capaces de mitigar los efectos del estrés oxidativo, inhibiendo e interrumpiendo la propagación de sustancias reactivas de oxígeno, reparando o previniendo el daño causado por estas moléculas, proporcionando cierta protección frente a enfermedades crónicas².

Esta acción protectora no se limita únicamente a nutrientes como vitaminas, minerales o péptidos, sino que también se debe a otros compuestos bioactivos, como los fitoquímicos, entre los que destacan los fenoles y los carotenoides. Además de las frutas y verduras, alimentos como el té, el cacao, el vino, el café y los jugos de frutas también presentan una alta capacidad antioxidante, contribuyendo de manera significativa a la salud¹.

De acuerdo con la literatura, el hábito de alimentación saludable forma parte de los estilos de vida, lo cual es un aspecto fundamental para lograr una apropiada salud^{3,4}. Una vez expuesta la importancia de los antioxidantes, ciertos estudios a lo largo del tiempo demuestran que el nivel de conocimiento sobre antioxidantes en la población general es bajo. Este trabajo busca evaluar dicho conocimiento en la población en general, realizando encuestas a la mayor población posible, observando los resultados por franjas de edad.

A lo largo del tiempo, la conceptualización del término salud ha ido evolucionando, siendo en los primeros años del siglo XX, donde las enfermedades infecciosas eran predominantes, la salud se definía principalmente como la ausencia de las mismas. Sin embargo, con el paso de las décadas y el aumento de las enfermedades crónicas, dicho enfoque cambió, adoptándose modelos de prevención y promoción de la salud, lo que llevó a una definición más amplia, considerando a la salud como un estado completo de bienestar físico, mental y social, algo más allá de la ausencia de la enfermedad⁵.

Un aspecto clave para lograr una apropiada salud es el estilo de vida, el cual, está compuesto por hábitos y conductas reconocibles. Estos patrones de conducta no surgen de manera aislada, se basa en el resultado de la interacción entre las características propias de cada individuo, las relaciones interpersonales, sus condiciones socioeconómicas y factores ambientales. Adoptar estilos de vida saludables reducen el riesgo de padecer enfermedades³.

Desde una perspectiva integral, los estilos de vida son clave en la responsabilidad de cada individuo con relación al cuidado de la salud, siendo uno de los factores más importantes que predicen una tendencia positiva en el estado de salud. Estos hábitos son conductas que la persona realiza de manera constante y sistemática, capaz de generar efectos significativos en los aspectos fisiológicos, psicológicos y socioafectivos⁴.

A medida que pasan los años, especialmente después de la adolescencia y al llegar a la vida adulta, los individuos se desarrollan y adoptan hábitos que se mantendrán durante toda la vida, lo que se conoce como "estilos de vida adquirido". Para que un estilo de vida se considere adquirido, un individuo debe haber mantenido de manera regular y constante dichos hábitos, generando posibles cambios de manera positiva o negativa, en las diversas dimensiones que componen la salud (física, social y psicológica), proporcionando importantes beneficios para su salud o representar riesgos en el futuro.

De acuerdo con la literatura⁴, se describen los siguientes estilos de vida: 1) Responsabilidad individual en el cuidado de la salud; 2) Hábitos de práctica físico – deportiva; 3) Hábitos de salud en las relaciones sociales; 4) Hábito de consumo de tabaco y alcohol; 5) Hábito de alimentación saludable; 6) Hábito de salud psicológica y 7) Hábito de descanso y sueño diario.

El estado nutricional es el resultado entre la cantidad de nutrientes consumidos y las demandas nutricionales del organismo, lo que permite utilizar los nutrientes, conservar las reservas y equilibrar las pérdidas. Mientras el organismo consume más de lo requerido, aumenta las reservas de energía, fundamentalmente en los adipocitos, incrementando el riesgo de morbimortalidad en caso de llevar una vida sedentario⁶.

Así, el objetivo general de este estudio fue determinar el nivel de conocimiento sobre antioxidantes, en relación con el estilo de vida saludable, en personas adultas de distintos grupos etarios. Planteando para ello los siguientes objetivos específicos: establecer el nivel de conocimiento que poseen los participantes sobre los antioxidantes, conocer el nivel de adherencia a un estilo de vida saludable en la población estudiada y relacionar el nivel de conocimiento sobre antioxidantes y el estilo de vida saludable con las características sociodemográficas de los participantes (edad, sexo, nivel educativo, grupo etario).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. El propósito fue evaluar el nivel de conocimiento sobre antioxidantes en la dieta en adultos residentes en España. Los participantes fueron reclutados por conveniencia online, por lo que su procedencia fue variada dentro del territorio español. El período de recogida de datos fue de aproximadamente un año, de abril de 2024 a mayo de 2025. Por lo tanto, como criterios de inclusión fueron haber aceptado participar en el estudio mediante consentimiento informado digital y ser residentes en España. Como criterios de exclusión, personas con dificultades cognitivas o sensoriales que limiten la comprensión de la encuesta y encuestas incompletas o mal diligenciadas, además de personas sin acceso a internet.

Se utilizó una encuesta digital mediante Google Forms, estructurada con preguntas sobre el conocimiento, fuentes y consumo de antioxidantes en alimentos, así como para la valoración del estilo de vida. El cuestionario ha sido adaptado de un instrumento validado en estudios previos y está disponible en español^{7,8}. El cuestionario de estilo de vida saludable⁸, mencionado anteriormente constó de 52 preguntas, evaluando en escala de frecuencia ordenadas del 1 al 5, siendo 1: nunca, 2: casi nunca, 3: a veces, 4: con bastante frecuencia y 5: con mucha frecuencia. El nivel de clasificación del estilo de vida se dividió en los siguientes rangos: Nada saludable: 52-104; Poco saludable: 105-156; Tendencia hacia la salud: 157-208 y Saludable: 209-260. La encuesta fue difundida digitalmente a través de redes sociales, correos institucionales, los participantes accederán de forma voluntaria, con introducción explicativa y consentimiento informado digital, no pudiendo realizar más de una encuesta por correo digital.

Cálculo del tamaño de la muestra

Para el presente cálculo se tomó como base el estudio de Meza-Miranda (2022) en el cual se identificó una prevalencia baja de conocimiento adecuado (10%) en adultos⁹. Esta prevalencia constituye el parámetro base para estimar el tamaño de muestra necesario en esta investigación, la cual tiene similitudes con el estudio escogido como referencia⁹.

Para estimar el tamaño de muestra de una población infinita se utilizó la fórmula clásica para proporciones: $n = (Z^2 \times p \times q) / e^2$. Donde: $z = 1,96$: valor z para un nivel de confianza del 95%; $p = 0,10$: proporción esperada de la característica de estudio (prevalencia tomada del estudio citado); $q = 1 - p = 0,90$: proporción complementaria y $E = 0,05$: margen de error aceptado. Sustituyendo estos valores en la fórmula se obtuvo que el tamaño de muestra para población infinita sin ajustar fue de 138 personas.

Dado que se empleó muestreo por conglomerados para representar adecuadamente a los distintos grupos etarios, se aplica un efecto de diseño ($deff$) que compensa el posible aumento de la variabilidad muestral. Se adopta un valor conservador de: $deff = 1,1$. Por lo tanto, el tamaño de muestra ajustado queda: $n \text{ ajustada} = n \times deff = 138,30 \times 1,1 = 152,13 = 153$ personas.

Con base en criterios poblacionales generales, se definieron tres grupos etarios para distribuir equitativamente la muestra (Tabla 1):

Tabla 1. Distribución de cálculo muestral

Grupo Etario	Rango de Edad	% Aproximado	N Participantes
Adultos jóvenes	18 – 39 años	40%	61
Adultos	40 – 64 años	35%	54
Adultos mayores	65 años en adelante	25%	38
Total		100%	153

Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el software SPSS (versión 25), los resultados fueron expresados en frecuencias y porcentajes, verificándose supuestos de normalidad. Se evaluó la asociación entre el nivel de conocimiento sobre antioxidantes en alimentos y diversas variables sociodemográficas mediante la Prueba de Friedman, versión no paramétrica de un ANOVA de dos factores, utilizada para comparar tres o más muestras relacionadas. Adicionalmente, se aplicó una regresión

lineal multivariable, considerando todas las variables sociodemográficas incluidas en el modelo, así como la prueba de chi-cuadrado. La Prueba de Friedman también se hizo para evaluar la asociación entre los hábitos de vida saludable y las variables sociodemográficas, así como la regresión lineal multivariable y la prueba de chi-cuadrado. Se considerará estadísticamente significativa toda asociación con $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la siguiente sección se exponen los resultados pudiendo verse que la muestra estuvo compuesta por 153 participantes. En cuanto al sexo, la mayoría fueron mujeres ($n = 98$, 64,05%), mientras que los hombres representaron el 35,95% ($n = 55$). Esta distribución refleja una mayor participación femenina en el estudio, lo cual puede asociarse con un mayor interés en temas relacionados con salud y nutrición por parte de las mujeres.

Se observó que el 60,78% de los encuestados posee formación universitaria de nivel licenciatura ($n = 93$), seguido por un 22,22% con bachillerato ($n = 34$), un 11,76% con estudios clasificados como otro ($n = 18$), un 3,27% con doctorado ($n = 5$), y un 1,96% con secundaria ($n = 3$).

En cuanto al estado civil, la mayoría de los participantes se identificó como soltero/a ($n = 110$, 71,90%), seguidos por quienes se encuentran casados/as ($n = 29$, 18,95%), en unión libre ($n = 11$, 7,19%), divorciados/as con hijos ($n = 2$, 1,31%) y separados/as con hijos ($n = 1$, 0,65%). Esta distribución sugiere que la muestra se compone principalmente de adultos jóvenes no casados. Respecto a la ocupación, la mayoría representan la categoría de otras ocupaciones ($n = 64$, 41,83%), seguido por los estudiantes ($n = 59$, 38,56%), personas que se desempeñan como autónomos ($n = 12$, 7,84%), obreros ($n = 10$, 6,54%), ama/o de casa ($n = 3$, 1,96%), desempleado ($n = 3$, 1,96%), y profesor ($n = 3$, 1,31%).

Finalmente, en relación con el nivel de ingresos mensual, el grupo más representado fue el que no percibe ingresos ($n = 33$, 21,57%), seguido por los ingresos entre 1001 a 1500 EUR ($n = 31$, 20,26%), entre 1501 a 2000 EUR ($n = 16$, 10,46%), entre 2501 a 3000 EUR ($n = 16$, 10,46%), entre 3001 a 5000 EUR ($n = 12$, 7,84%), entre 501 a 1000 EUR ($n = 12$, 7,84%), menos de 300 EUR ($n = 11$, 7,19%), entre 3001 a 5000 EUR ($n = 10$, 6,54%), entre 301 a 500 EUR ($n = 8$, 5,23%) y mayor a 5000 EUR ($n = 4$, 2,61%), tal como se muestra en la Tabla 2.

El cuestionario aplicado evaluó el conocimiento de los participantes sobre los antioxidantes a través de

Tabla 2. Características sociodemográficas de la población estudiada

Categoría	Sexo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sexo	Hombre	55	35,95
	Mujer	98	64,05
	Total	153	100
Nivel de Estudios	Bachillerato	34	22,22
	Doctorado	5	3,27
	Licenciatura	93	60,78
	Otro	18	11,76
	Secundaria	3	1,96
	Total	153	100
Estado Civil	Casado/a	29	18,95
	Divorciado/a con hijos	2	1,31
	Separado/a con hijos	1	0,65
	Soltero/a	110	71,9
	Unión libre	11	7,19
	Total	153	100
Ocupación	Ama/o de casa	3	1,96
	Autónomo	12	7,84
	Desempleado	3	1,96
	Estudiante	59	38,56
	Obrero	10	6,54
	Otro	64	41,83
	Profesor	2	1,31
	Total	153	100
Nivel de Ingresos	1001 a 1500	31	20,26
	1501 a 2000	16	10,46
	2001 a 2500	12	7,84
	2501 a 3000	16	10,46
	3001 a 5000	10	6,54
	301 a 500	8	5,23
	501 a 1000	12	7,84
	Menos de 300	11	7,19
	Más de 5000	4	2,61
	Sin ingresos	33	21,57

cinco preguntas clave. Los resultados muestran que el 73,2% de los encuestados ($n = 112$) obtuvo un nivel de conocimiento alto, al responder correctamente al menos tres de las cinco preguntas planteadas. En contraste, el 26,8% ($n = 41$) fue clasificado con nivel de conocimiento bajo. Esto indica que una proporción considerable de los participantes posee una comprensión adecuada sobre el papel de los antioxidantes, lo cual puede reflejar una mayor conciencia sobre la alimentación saludable y su relación con la prevención de enfermedades. No obstante, aún existe un grupo importante con conocimientos limitados, lo que subraya la necesidad de continuar promoviendo estrategias de educación nutricional en distintos contextos poblacionales.

Con base en la escala de 52 ítems sobre estilo de vida saludable realizada por Rodríguez García et al (2023)⁴, se identificó que la mayor parte de la muestra presentó un estilo de vida poco saludable ($n = 129$, 84,31%). Un menor porcentaje mostró una tendencia hacia la salud ($n = 11$, 7,19%), y solo una pequeña proporción fue clasificada como poseedora de un estilo de vida nada saludable ($n = 13$, 8,50%). Llama la atención que ningún participante alcanzó la clasificación de "saludable". Estos resultados revelan una tendencia preocupante hacia estilos de vida con deficiencias en prácticas beneficiosas para la salud, lo que podría estar relacionado con factores como la carga laboral, acceso limitado a recursos saludables o hábitos culturales arraigados.

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en función del estado civil ($F = 5,89$, $p = 0,0002$) y del nivel de ingresos mensual ($F = 4,67$, $p < 0,0001$), lo cual sugiere que estas variables están relacionadas con el nivel de conocimiento sobre antioxidantes. En contraste, no se observaron diferencias significativas con respecto al sexo ($p = 0,5132$), nivel de estudios ($p = 0,2587$) ni ocupación ($p = 0,3039$).

Adicionalmente, se aplicó una regresión lineal multivariable, considerando todas las variables sociodemográficas incluidas en el modelo. El análisis reveló que el modelo global fue significativo ($F = 3.25$, $p < 0.0001$), lo que respalda la influencia conjunta de estas características sobre el nivel de conocimiento.

Finalmente, mediante una prueba de chi-cuadrado entre el estado civil y la clasificación del nivel de conocimiento (alto o bajo), se encontró una asociación significativa ($p = 0,0016$), lo que reafirma los resultados anteriores e indica que el estado civil podría influir en la probabilidad de presentar mayor o menor conocimiento sobre los antioxidantes. En conjunto, estos resultados sugieren que el conocimiento sobre antioxidantes no depende únicamente de la formación académica o el sexo, sino que puede estar modulado por factores personales y socioeconómicos como el estado civil y el ingreso mensual.

Se estudió la relación entre el estilo de vida saludable y diversas variables sociodemográficas, el objetivo fue determi-

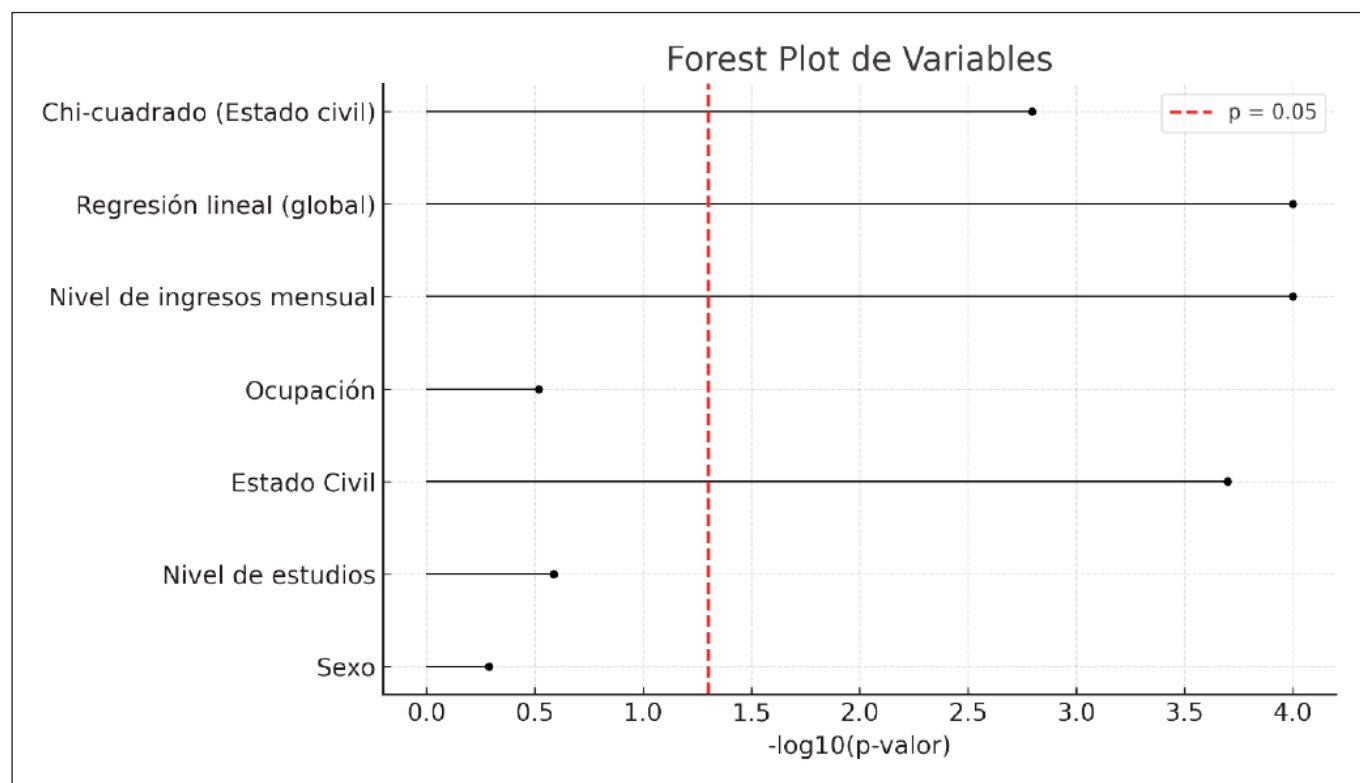


Figura 1. Correlación entre conocimiento de antioxidantes y variables sociodemográficas

nar si factores como sexo, nivel educativo, estado civil, ocupación e ingresos mensuales influyen significativamente en la puntuación total de estilo de vida saludable.

Los resultados indican que ninguna de las variables sociodemográficas evaluadas presentó diferencias estadísticamente significativas en el puntaje total de estilo de vida saludable. Específicamente, el sexo ($p = 0,5971$), el nivel de estudios ($p = 0,3477$), el estado civil ($p = 0,3612$), la ocupación ($p = 0,1954$) y el nivel de ingresos ($p = 0,9337$) no mostraron asociaciones significativas con el estilo de vida declarado por los participantes.

De manera complementaria, se aplicó un modelo de regresión lineal multivariable, en el que se consideraron todas las variables sociodemográficas simultáneamente. El modelo global no resultó significativo ($F = 1,09$, $p = 0,3598$), lo que refuerza la ausencia de una relación sistemática entre las variables evaluadas y los puntajes de estilo de vida saludable en esta muestra.

No obstante, la prueba de chi-cuadrado entre el estado civil y la clasificación del estilo de vida saludable reveló una diferencia significativa ($p = 0,0236$), lo que sugiere que algunas categorías del estado civil podrían estar asociadas con distintas tendencias en la adopción de hábitos saludables,

aunque no se haya detectado esta diferencia en el análisis de varianza por puntuación, como se observa en la Figura 2.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que un alto porcentaje de los participantes (73,2%) presenta un conocimiento elevado sobre antioxidantes, lo cual refleja una tendencia positiva hacia la alfabetización nutricional en la población adulta. Este patrón coincide con lo descrito por Alshehri et al. (2025)¹⁰, quienes observaron niveles altos de conocimiento autodeclarado sobre suplementos en Arabia Saudita, aunque con deficiencias prácticas. Sin embargo, el 26,8% de participantes con bajo nivel de conocimiento indica que la brecha informativa persiste, algo reportado también por Bhure et al. (2025)¹¹ en profesionales sanitarios, donde la actitud positiva hacia los antioxidantes no siempre se traduce en comprensión técnica adecuada.

El hallazgo de que el estado civil y el ingreso mensual influyen significativamente en el conocimiento nutricional guarda relación con lo reportado por Murakami et al. (2022)¹², quienes demostraron que el estado civil afecta las decisiones alimentarias y la conciencia nutricional en adultos japoneses. Asimismo, Elshahry et al. (2023)¹³ documentaron que mayo-

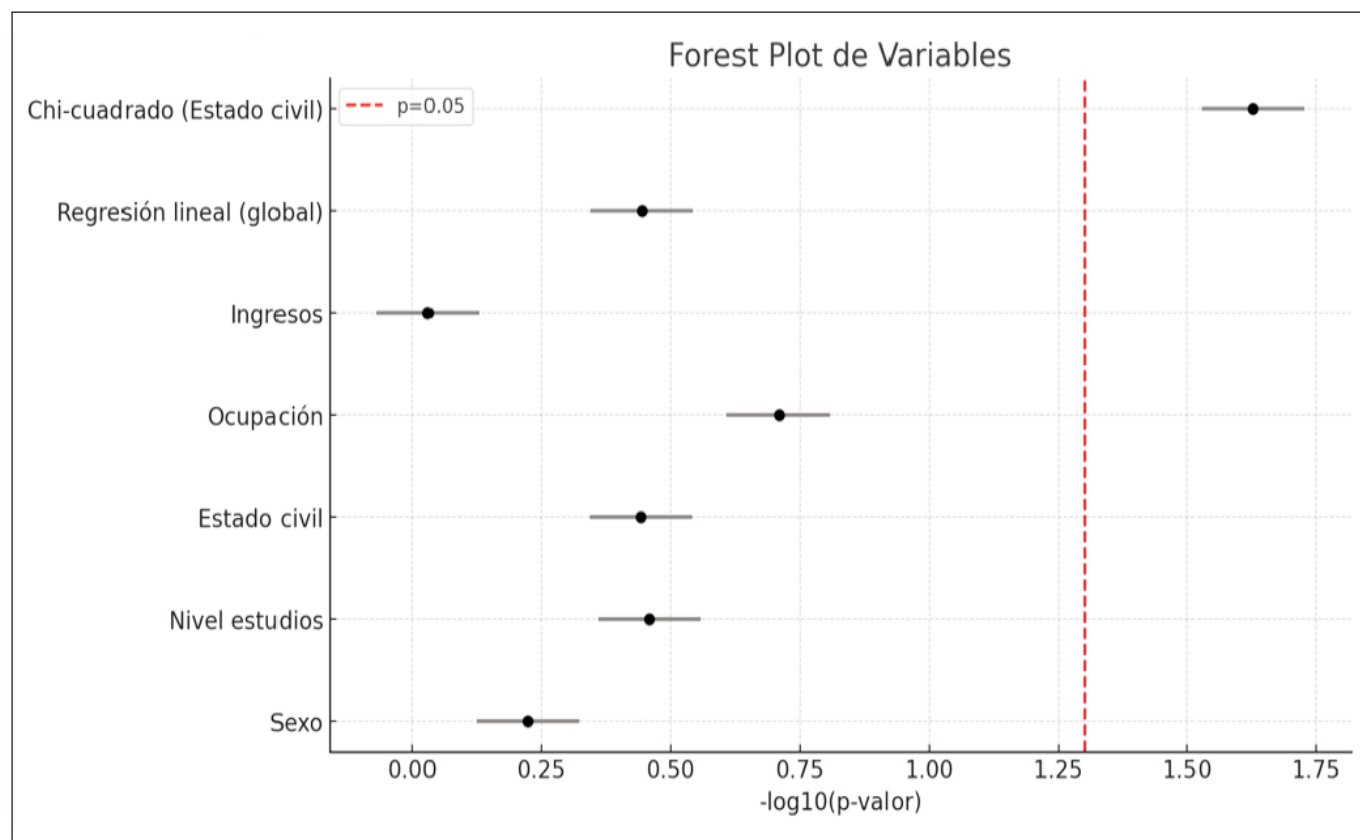


Figura 2. Correlación entre hábitos de vida adquiridos y variables sociodemográficas

res ingresos y mejor nivel socioeconómico se asocian a mayor conciencia sobre prácticas alimentarias saludables, incluyendo el consumo de antioxidantes.

A pesar de que otras variables como el nivel educativo no mostraron una asociación significativa en este estudio, Lee et al. (2022)¹⁴ observaron en Corea que la alfabetización en salud y nutrición varía notablemente según el nivel educativo y la edad, lo cual podría explicar discrepancias según el contexto poblacional. La tendencia general hacia un conocimiento elevado sobre antioxidantes puede también reflejar la creciente disponibilidad de información, como se señaló en el estudio de Mitterer-Daltoé et al. (2020)¹⁵, donde se observó una preferencia creciente por antioxidantes naturales sobre sintéticos, pese a un bajo entendimiento técnico. Este fenómeno añade la percepción que tienen los consumidores sobre lo "natural".

El efecto del estado civil y del ingreso mensual sobre el conocimiento nutricional puede explicarse por la influencia que estos factores ejercen en el estilo de vida y en el acceso a recursos informativos. Las personas con pareja tienden a tomar decisiones alimentarias más estructuradas y planificadas, lo que favorece una mayor exposición a información nutricional, especialmente en contextos donde las responsabilidades familiares promueven un mayor interés por la salud. De manera similar, un mayor nivel de ingresos permite acceder a productos saludables, a consultas profesionales y a contenidos educativos de mejor calidad, lo cual puede traducirse en un conocimiento más profundo sobre los antioxidantes y su impacto en la salud.

La ausencia de asociación con el nivel educativo, aunque inesperada, podría explicarse por el hecho de que la información nutricional hoy en día circula de forma masiva a través de redes sociales y medios digitales, donde el acceso no está necesariamente mediado por el grado académico formal.

En este sentido, personas con menor educación formal pueden estar igualmente expuestas a mensajes sobre antioxidantes, aunque no siempre con el mismo nivel de comprensión técnica. Esta situación se ve reflejada en la creciente preferencia por productos etiquetados como "naturales", lo cual indica una aceptación positiva basada en percepciones más que en fundamentos científicos.

Por tanto, los resultados revelan no solo el impacto de las condiciones sociodemográficas, sino también la necesidad de diferenciar entre conocimiento funcional y conocimiento crítico dentro de la alfabetización nutricional.

Por su parte, el estudio de Dahan et al. (2024)¹⁶ en población general demostró que los conocimientos sobre antioxidantes eran limitados, lo que refuerza la necesidad de programas educativos específicos que aborden distintas áreas de salud donde los antioxidantes cumplen un rol clave.

Por otro lado, el estilo de vida saludable, aunque no mostró una relación estadísticamente significativa con la mayoría

de las variables sociodemográficas, sí pareció estar relacionado con el estado civil. Este aspecto coincide con lo hallado por Valdés-Badilla et al. (2022)¹⁷, quienes identificaron que factores sociales y familiares condicionan los patrones alimentarios en América Latina, lo cual podría explicar la variabilidad observada en nuestra muestra, como sinónimo de "saludable" influye en las decisiones alimentarias, incluso sin una base científica sólida.

En cuanto a intervenciones efectivas, French et al. (2021)¹⁸ evaluaron un programa educativo bilingüe que logró mejoras significativas en el conocimiento nutricional en comunidades con bajo nivel socioeconómico, lo cual reafirma la importancia de estrategias contextualizadas y culturalmente apropiadas.

Asimismo, Zhang y Zhao (2021)¹⁹ hallaron que la diversidad dietética, influida por el entorno social, contribuye a un envejecimiento saludable, en línea con la evidencia de que una dieta rica en antioxidantes tiene beneficios preventivos. Esta relación entre estilo de vida, dieta y salud también ha sido explorada en contextos clínicos, como el trabajo de Filho et al. (2022)²⁰, donde se identificaron compuestos fenólicos con alta actividad antioxidante mediante modelos topológicos.

Finalmente, la integración de estos resultados del presente estudio sugiere que, aunque existe una base positiva de conocimiento en la población, persisten vacíos relevantes. Por tanto, es necesario fortalecer la educación nutricional desde enfoques interdisciplinarios y socioculturales, tal como proponen Andreo-López et al. (2023)²¹ y Martínez-González et al. (2024)²², quienes abogan por incluir estrategias de promoción dietética centradas en la prevención de enfermedades crónicas mediante la adherencia a dietas ricas en antioxidantes^{23,24}.

Este estudio ofrece orientaciones útiles para el desarrollo de intervenciones en educación nutricional, destacando la importancia de considerar factores como el estado civil y el nivel de ingresos. Estos elementos deben guiar la personalización de los contenidos y medios de difusión, con el fin de lograr mayor efectividad en distintas realidades sociales.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio reflejan un conocimiento considerable sobre antioxidantes entre los participantes, con un 73,2% demostrando un nivel alto, lo que evidencia un grado significativo de concienciación respecto a la importancia de estos compuestos en la prevención de enfermedades. Sin embargo, persisten brechas de conocimiento en un porcentaje menor de la población, lo que subraya la necesidad de intervenciones educativas continuas en este ámbito.

Por otro lado, se identificó que el estilo de vida saludable en la muestra es preocupantemente bajo: un 84,31% de los participantes mostró prácticas poco saludables y ninguno al-

canzó la clasificación de estilo de vida plenamente saludable. Esto revela la existencia de barreras que impiden la adopción de hábitos saludables, posiblemente relacionadas con factores socioeconómicos, culturales o de acceso a recursos.

Las asociaciones observadas entre el nivel de conocimiento sobre antioxidantes y variables como el estado civil y el nivel de ingresos, así como la relación entre el estado civil y el estilo de vida saludable, destacan la influencia de factores sociodemográficos sobre los comportamientos de salud. No obstante, variables como sexo, nivel educativo y ocupación no mostraron una asociación significativa, lo que sugiere que las intervenciones deben considerar más allá de las variables tradicionales para ser efectivas.

Este estudio reafirma la importancia de implementar programas educativos y políticas públicas que promuevan tanto el conocimiento nutricional como la adopción de estilos de vida saludables, considerando las particularidades sociodemográficas y culturales de cada población. Asimismo, se recomienda realizar investigaciones futuras que profundicen en los factores subyacentes que dificultan la adopción de conductas saludables, con el fin de diseñar estrategias integrales y efectivas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Navarro-González I, Periago MJ, García-Alonso FJ. Estimación de la capacidad antioxidante de los alimentos ingeridos por la población española. *Rev Chil Nutr.* 2017;44(2):183-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000200010>
2. Rivera Pacheco AR, Chavez Infantes JK, Mamani Quispe AL, Pinto Carpio E. Capacidad antioxidante total y fenoles totales en una bebida funcional no láctea a base de cáscara de maracuyá y chía. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2024; 44(4):193-202 DOI: 10.12873/444rivera
3. Díaz-Carrion EG, Failoc-Rojas VE, Díaz-Carrion EG, Failoc-Rojas VE. Estilos de vida en profesionales de salud de un hospital en Chiclayo, Perú 2017. *Rev Habanera Cienc Médicas [Internet].* octubre de 2020;19(5). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1729-519X202000600012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Rodríguez García PL, Pérez Soto JJ, García Cantó E, Tárraga Marcos L, Meseguer Zafra M, Salmerón Ríos R, et al. Fiabilidad y validez de la Escala de valoración del estilo de vida saludable adquirido (E-VEVSA) en adultos de Albacete y Murcia (España). *Med Fam SEMERGEN.* 2023;49(2):101910. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2022.101910>
5. Belintxon M, López-Dicastillo O. Los retos de la promoción de la salud en una sociedad multicultural: revisión narrativa de la literatura. *An Sist Sanit Navar.* 2014;37(3):401-9. <https://dx.doi.org/10.4321/S1137-66272014000300009>
6. Lapo-Ordoñez DA, Quintana-Salinas MR, Lapo-Ordoñez DA, Quintana-Salinas MR. Relación entre el estado nutricional por antropometría y hábitos alimentarios con el rendimiento académico en adolescentes. *Rev Arch Méd Camagüey.* 2018;22(6):755-74.
7. Cuestionario Antioxidantes. Disponible en: <https://www.alemana.cl/cuestionarios/cuestionarioAntioxidantes.asp>
8. Rodríguez García PL, Pérez Soto JJ, García Cantó E, Meseguer Zafra M, Salmerón Ríos R, Tárraga López PJ. Valoración del estilo de vida saludable adquirido en adultos españoles de 22 a 72 años de edad. *Clínica E Investig En Arterioscler.* 2022;35(1):12-20. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04267>
9. Meza-Miranda ER, Samudio A, Gómez R, Rojas B, Fernández F, Cardozo G, Priego-Capote F. Nutritional Composition, Phytochemical Performance, Total Content of Polyphenols, Antioxidant Capacity, and Bioactive Compounds of Yapurú Fruits (*Plinia cauliflora*). *Int J Nutr Sci.* 2022;7(1):50-57. doi: 10.30476/IJNS.2022.93912.1166.
10. Alshehri AA, Alqahtani S, Aldajani R, Alsharabi B, Alzahrani W, Alquthami G, et al. Knowledge, Attitudes, and Practices of Dietary Supplement Use in Western Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study. *Nutrients.* 2025;17(7):1233. <https://doi.org/10.3390/nu17071233>
11. Bhure A, Joshi A, Bhure B, Nagargoje M, Khanavkar R, Agashe A. A questionnaire-based assessment of role of antioxidants in clinical practices: A knowledge attitude practice based study at tertiary care hospital. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol.* 2025;15(2):167. DOI: 10.5455/NJPPP.2025.v15.i2.9
12. Murakami K, Shinozaki N, Yuan X, Tajima R, Matsumoto M, Masayasu S, et al. Food Choice Values and Food Literacy in a Nationwide Sample of Japanese Adults: Associations with Sex, Age, and Body Mass Index. *Nutrients.* 2022;14(9):1899. <https://doi.org/10.3390/nu14091899>
13. Elshahoryi NA, Odeh MM, Jadayil SA, McGrattan AM, Hammad FJ, Al-Maseimi OD, et al. Prevalence of dietary supplement use and knowledge, attitudes, practice (KAP) and associated factors in student population: A cross-sectional study. *Heliyon.* 2023; 9(4):e14736. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14736
14. Lee Y, Kim T, Jung H. The Relationships between Food Literacy, Health Promotion Literacy and Healthy Eating Habits among Young Adults in South Korea. *Foods.* 2022;11(16):2467. DOI: 10.3390/foods11162467
15. Mitterer-Daltoé M, Bordim J, Lise C, Bread L, Casagrande M, Lima V. Food Science and Technology 2020 doi: 10.1590/fst.15120
16. Dahan S, Khalouf R, Salcedo N, Taieb C, Gassia V. Knowledge of free radicals and antioxidants in dermatology in the general population. *JEADV Clin Pract.* 2024;3(1):142-9. <https://doi.org/10.1002/jvc2.274>
17. Valdés-Badilla, P., Parra-Soto, S. L., Murillo, A. G., Gomez, G., Aranedá, J., Durán-Agüero, S., ... Landaeta-Díaz, L. Healthy Lifestyle Habits in Latin American University Students during COVID-19 Pandemic: A Multi-Center Study. *Journal of the American Nutrition Association,* 2022; 42(6), 628–634. <https://doi.org/10.1080/27697061.2022.2115429>
18. French ML, Christensen JT, Estabrooks PA, Hernandez AM, Metos JM, Marcus RL, et al. Evaluation of the Effectiveness of a Bilingual Nutrition Education Program in Partnership with a Mobile Health Unit. *Nutrients.* 2024;16(5):618. DOI: 10.3390/nu16050618

19. Zhang J, Zhao A. Dietary Diversity and Healthy Aging: A Prospective Study. *Nutrients*. 2021;13(6):1787. DOI: 10.3390/nu13061787
20. Filho JBS, Bastos F de S, Machado D da S, Delfim MLF. Application of Molecular Topology to the Prediction of Antioxidant Activity in a Group of Phenolic Compounds. *arXiv:2211.14373 [q-bio.BM]*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.14373>
21. Andreo-López MC, Contreras-Bolívar V, Muñoz-Torres M, García-Fontana B, García-Fontana C. Influence of the Mediterranean Diet on Healthy Aging. *Int J Mol Sci*. 2023;24(5):4491. DOI: 10.3390/ijms24054491
22. Martínez-González MÁ, Hernández Hernández A. Efecto de la dieta mediterránea en la prevención cardiovascular. *Rev Esp Cardiol*. 2024;77(7):574-82. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2024.01.013>
23. Villota C, Luna J, Quiroz S, Salvo N, Rodríguez X. Caracterización de estado nutricional y riesgo cardiovascular y su relación con dieta mediterránea en adultos mayores de la región metropolitana de Chile. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2023; 43(1):39-45 DOI: 10.12873/431villota
24. Calderón García A, Pedrero Tomé R, Alaminos-Torres A, Prado Martínez C, Martínez Álvarez JR, López Ejeda N, Marrodán Serrano MD. Adherencia a la dieta mediterránea y asociación con la condición nutricional y el comportamiento alimentario en escolares españoles. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2023; 43(2):172-181 DOI: 10.12873/432calderon Correspondencia: María Dolores Marrodán Serrano marrodan@bio.ucm.es

A cross-sectional study on determinant factors of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women in disaster-prone areas: A case study at Talise Community Health Center, Palu City

Estudio transversal sobre los factores determinantes de la desnutrición energética crónica (DEC) en mujeres embarazadas en zonas propensas a desastres, Centro de Salud Talise, Ciudad de Palu

Ummu AIMAN¹, Febiani RISKIKA¹, I Nyoman Agus SEPTIAWAN¹, Syahla Syahrani PUTRI¹, Indriani NURHIDAYA¹, St. Ika FITRASYAH¹, Nikmah Utami DEWI¹, HIJRA¹, Diah Ayu HARTINI²

1 Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Tadulako University, Palu, Central Sulawesi Tengah, Indonesia.

2 Department of Nutrition, Poltekkes Kemenkes Palu, Palu, Central Sulawesi Tengah, Indonesia.

Recibido: 28/junio/2025. Aceptado: 6/octubre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Chronic Energy Deficiency (CED) in pregnant women is a major nutritional issue, especially in disaster-prone areas where food security and healthcare access are limited. In Palu City, Central Sulawesi, the prevalence of CED remains high, contributing to poor maternal and fetal outcomes.

Aim: This study aimed to examine the determinants of CED among pregnant women in the working area of Talise Community Health Center, a disaster-affected region in Palu.

Methods: A cross-sectional study was conducted from August to November 2024 with 258 pregnant women selected through accidental sampling. Data were collected using questionnaires, 2x24-hour dietary recalls, and MUAC measurements. Statistical analysis was performed using the chi-square test with a 95% confidence interval.

Results: CED prevalence was 28.1%. Significant associations were found between CED and maternal age ($p = 0,046$),

short interpregnancy interval ($p = 0,005$), low education ($p = 0,005$), poor family support ($p < 0,001$), limited healthcare access ($p = 0,014$), unhealthy lifestyle practices ($p = 0,004$), and poor maternal knowledge ($p < 0,001$). Macronutrient intake (energy, protein, fat, and carbohydrate) and vitamin A adequacy were also significantly associated with CED ($p < 0,001$). However, folic acid and calcium intake showed no significant relationship. In addition, unhealthy eating habits, food insecurity, and low household income were strongly linked to CED ($p < 0,001$).

Conclusion: CED among pregnant women in disaster-prone areas is influenced by various sociodemographic, behavioral, and nutritional factors. Improving education, dietary intake, family and health service support are essential strategies to address CED in vulnerable populations.

KEYWORDS

Maternal Nutrition, Food Insecurity, Dietary Intake, Health Services, Socio-Demographic Factors.

INTRODUCTION

Chronic Energy Deficiency (CED) refers to a state of malnutrition in pregnant women caused by long-term insufficient food intake, typically indicated by a Mid-Upper Arm

Correspondencia:
Ummu Aiman
ummuaيمان@untad.ac.id

Circumference (MUAC) of less than 23.5 cm¹. In Indonesia, the prevalence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women reaches 8.43%, which is still classified as a moderate public health concern. In the city of Palu, the incidence of CED has shown an increasing trend over the past three years. In 2023, 857 out of 7,832 pregnant women (10.94%) were identified as experiencing CED. At Talise Community Health Center (Puskesmas Talise), a significant rise in cases was recorded—from 52 cases (6.25%) in 2020 to 217 cases (25.99%) in 2022—before declining to 141 cases (15.75%) in 2023^{2,3}.

Palu City the capital of central Sulawesi is one of Indonesia's disaster-prone areas, particularly vulnerable to earthquakes, tsunamis, and soil liquefaction, as evidenced by the events of 2018. The impacts of such disasters extend across multiple sectors, including the destruction of health infrastructure, reduced food accessibility, decreased household income, and instability in the community's psychosocial conditions. These factors can exacerbate nutritional problems, especially among vulnerable groups such as pregnant women⁴

Chronic Energy Deficiency (CED) in pregnant women poses serious risks, including anemia, infections, obstructed labor, and increased maternal and neonatal mortality rates. The determinants of CED are complex and interrelated, encompassing factors such as maternal knowledge of pregnancy nutrition⁵, maternal nutrient intake⁶, food availability⁷, socioeconomic status—including household income⁸, education level, pregnancy spacing⁹, family support¹⁰, access to healthcare service¹⁰, hygienic and healthy lifestyle practices⁶, and maternal age. A study by Mulyaningrum, cited in Novitasari et al. (2019)⁶, found that pregnant women under the age of 20 are at higher risk of developing CED, with younger maternal age being significantly associated with this condition.

Given the high prevalence of Chronic Energy Deficiency (CED) in Palu City and its status as a disaster-prone area, it is essential to conduct a comprehensive study to identify the dominant factors influencing the occurrence of CED among pregnant women in this region, particularly within the service area of Talise Community Health Center. The findings of this research are expected to serve as a foundation for formulating targeted interventions in disaster-affected areas, with the aim of reducing CED prevalence and improving maternal and child health outcomes.

MATERIALS AND METHODS

Type and Design

This study employed a quantitative research approach. The research design was analytical observational using a cross-sectional method. A cross-sectional design is a research approach used to examine the relationship between risk factors or exposures and outcomes, in which data on both the exposures and the outcomes are collected simultaneously.

Location and Time

This study was conducted in the working area of Talise Community Health Center, Palu City, Central Sulawesi from August to November 2024. This study received ethical clearance from the Health Research Ethics Committee of the Faculty of Public Health, Tadulako University Approval No: 8473/UN28.10/KL/2025). All participants provided written informed consent prior to data collection

Population and Sample

The population in this study consisted of pregnant women residing within the working area of Talise Community Health Center (Puskesmas Talise) in Palu City, totaling 567 individuals. The research sample was selected based on inclusion criteria. Participants were eligible for inclusion if they were in their first, second, or third trimester of pregnancy, permanently resided in the Talise service area, and expressed willingness to participate by providing informed consent. Pregnant women were excluded if they relocated during the study period, were unable to participate due to illness or other constraints, or failed to provide the required information at the time of data collection. The sampling technique used in this study was convenience sampling, in which participants were selected based on chance encounters with the researcher at the study site. Pregnant women who happened to be present during data collection and met the inclusion and exclusion criteria were included as respondents.

The sample size was calculated using Slovin's formula:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

where n is the sample size, N is the population size, and e is the margin of error tolerated (set at 0.05). Based on this calculation, the minimum required sample size was 235 respondents. To anticipate potential dropouts, an additional 10% was added, resulting in a final sample size of 245 respondents.

Data collection was conducted by trained enumerators who held a minimum qualification of a bachelor's degree in nutrition and had undergone a two-day training workshop on anthropometric measurements, dietary recall interviewing techniques, and ethical data handling procedures.

Research Instruments

The instruments used in this study included a structured questionnaire, a Mid-Upper Arm Circumference (MUAC) measuring tape, Dietary intake was assessed using two non-consecutive 24-hour recalls, one on a weekday and one on a weekend, to capture variations in eating patterns and reduce recall bias. Standardized portion size booklets and the Indonesian Food Consumption Table were used to ensure accuracy.

This study employed MUAC as the primary anthropometric indicator for assessing maternal nutritional status due to its practicality, low cost, and reliability in field settings, especially in disaster-affected and resource-limited areas. MUAC is recommended by WHO as a valid proxy for chronic energy deficiency in pregnant women, particularly when weight and height measurements are logistically challenging to obtain.

Research Variables

The independent variables in this study included maternal knowledge, maternal nutrient intake during pregnancy, food availability, socioeconomic status (specifically household income), maternal age, education level, interpregnancy interval, family support, access to healthcare services, and hygienic and healthy lifestyle practices. The dependent variable was the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women attending Talise Community Health Center in Palu City, Central Sulawesi.

Data Analysis

Univariate analysis was conducted to describe the frequency distribution of each research variable. Bivariate analysis was performed to examine the relationship between the dependent and independent variables. Statistical analysis employed the Chi-square test with a 95% confidence level. A p -value < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS

Frequency Distribution of Research Variables

Table 1 summarizes the characteristics of 245 pregnant women. Most participants were aged 20–35 years (89.0%), had higher education (81.6%), good family support (72.2%), and adequate healthcare access (82.0%). However, short interpregnancy intervals (<24 months) were reported by 30.2%, and 20.0% had poor nutritional knowledge. Dietary assessment indicated deficits in carbohydrates (42.1%), folic acid (46.8%), and calcium (62.1%), while 35.3% reported unhealthy eating habits, 34.5% experienced food insecurity, and 41.7% had low household income.

The relationship between the independent variables and the dependent variable

Table 2 shows factors significantly associated with chronic energy deficiency (CED). Maternal age (<20 or >35 years, $p = 0.046$), short interpregnancy intervals ($p = 0.005$), low education ($p = 0.005$), poor family support ($p < 0.001$), limited healthcare access ($p = 0.014$), and unhealthy lifestyle practices ($p = 0.004$) increased the risk of CED. Poor maternal knowledge ($p < 0.001$) and inadequate intake of energy, protein, fat, carbohydrates, and vitamin A (all $p < 0.001$) were also strongly related. In contrast, folic acid ($p = 0.523$) and calcium ($p = 0.939$) were not significant. Behavioral and

Table 1. Características de los participantes

Variables	Frequency (n)	Percentage (%)
Nutritional Status		
CED	66	28.1
Non CED	169	71.9
Age (years)		
Less than 20 or more than 35	27	11.0
20-35	218	89.0
Interpregnancy Interval		
<24 months	74	30.2
≥ 24 months	171	69.8
Education Level		
Low Education (No Schooling, Elementary School, Junior High School)	45	18.4
Higher Education (senior high school or equivalent, higher education)	200	81.6
Family Support		
Poor	68	27.8
Good	177	72.2
Access to Healthcare Services		
Poor	44	18.0
Good	201	82.0
Hygienic and Healthy Lifestyle Practices		
Poor	38	15.5
Good	207	84.5
Maternal Knowledge		
Poor	47	20.0
Moderate	106	45.1
Good	82	34.9
Energy Intake		
Deficit	41	17.4
Normal	187	79.6
Excessive	7	3.0
Protein Intake		
Deficit	41	17.4
Normal	35	14.9
Excessive	159	67.7

* Valor expresado en media $\pm$ desviación estándar (rango de edades).

Table 1 continuation. Características de los participantes

Variables	Frequency (n)	Percentage (%)
Fat Intake		
Deficit	37	15.7
Normal	69	29.4
Excessive	129	54.9
Carbohydrate Intake		
Deficit	99	42.1
Normal	115	48.9
Excessive	21	8.9
Vitamin A Intake		
Deficit	55	23.4
Normal	49	20.9
Excessive	131	55.7
Folic Acid Intake		
Deficit	110	46.8
Normal	119	50.6
Excessive	6	2.6
Calcium Intake		
Deficit	146	62.1
Normal	73	31.1
Excessive	16	6.8
Eating Habits		
Unhealthy	83	35.3
Healthy	152	64.7
Food Availability		
Food insecure	81	34.5
Food secure	154	65.5
Household Income		
Low (< minimum wage of Palu City)	98	41.7
High (≥ minimum wage of Palu City)	137	58.3
Total	245	100.0

* Valor expresado en media ± desviación estándar (rango de edades).

socioeconomic factors, including unhealthy eating habits, food insecurity, and low household income, further showed strong associations with CED (all $p < 0.001$).

DISCUSSION

Chronic Energy Deficiency (CED) in pregnant women is a form of malnutrition characterized by prolonged inadequate energy intake, leading to depleted energy reserves and compromised nutritional status¹¹. This condition is commonly assessed using the Mid-Upper Arm Circumference (MUAC), with a cutoff point of less than 23.5 cm¹². CED during pregnancy poses serious health risks for both the mother and the fetus. In mothers, it increases the likelihood of anemia, infections, preeclampsia, and complications during labor¹³. For the fetus, it can lead to intrauterine growth restriction (IUGR), low birth weight (LBW), preterm birth, and even neonatal mortality. Furthermore, CED has long-term implications for the next generation, as it may adversely affect a child's physical growth and cognitive development¹⁴.

This study identified multiple factors significantly associated with the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women in a disaster-prone area in Palu City, Central Sulawesi. The findings emphasize that maternal age, interpregnancy interval, education level, family support, access to healthcare, lifestyle practices, maternal knowledge, and various aspects of nutrient adequacy level all play critical roles in influencing maternal nutritional status.

Maternal Age

Maternal age is a critical determinant of nutritional status during pregnancy, with both younger and older maternal ages associated with increased risk of Chronic Energy Deficiency (CED)¹⁵. Adolescent pregnancies, particularly among women under 20 years of age, are often marked by biological immaturity, incomplete physical growth, and limited nutritional reserves, which may compromise maternal and fetal health^{16,17}. Conversely, pregnancies at advanced maternal age (above 35 years) are linked to a higher prevalence of chronic conditions and reduced metabolic efficiency, both of which may exacerbate the risk of undernutrition. Several studies have reported a U-shaped relationship between maternal age and adverse pregnancy outcomes, including CED, with women at both ends of the reproductive age spectrum experiencing higher vulnerability due to physiological, behavioral, and socioeconomic factors^{11,18}.

This study found a statistically significant association between maternal age and the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED), with women under 20 and over 35 years old being more likely to experience CED ($p = 0.046$). These findings are consistent with a study by Auranissa et al (2024)¹⁹, which reported that the younger the pregnant women are, the more they are risk of CED. Pregnant women under the

Table 2. Bivariate analysis of factors associated with chronic energy deficiency (CED) among pregnant women in Palu (n = 245)

Variables	Maternal Nutritional Status				Total		p-Value
	CED		Non CED				
	n	%	N	%	n	%	
Age (Years)							
Less than 20 or more than 35	12	44.4	15	55.6	27	100	0.046*
20-35	57	26.1	161	73.9	218	100	
Interpregnancy Interval							
<24 months	30	40.5	44	59.5	74	100	0.005*
≥24 months	39	22.8	132	77.2	171	100	
Education Level							
Low Education (No Schooling, Elementary School, Junior High School)	23	51.1	22	48.9	45	100	0.005*
Higher Education (senior high school or equivalent, higher education)	46	23.0	154	77.0	200	100	
Family Support							
Poor	34	50.0	34	50.0	68	100	0.000*
Good	35	19.8	142	80.2	177	100	
Access to Healthcare Services							
Poor	19	43.2	25	56.8	44	100	0.014*
Good	50	24.9	151	75.1	201	100	
Hygienic and Healthy Lifestyle Practices							
Poor	18	47.4	20	52.6	38	100	0.004*
Good	51	24.6	156	75.4	207	100	
Maternal Knowledge							
Poor	39	83.0	8	17.0	47	100	0.000*
Moderate	18	17.0	88	83.0	106	100	
Good	9	11.0	73	89.0	82	100	
Energy Adequacy Level							
Deficit	33	50.0	8	4.7	41	100	0.000*
Normal	32	17.1	155	82.9	187	100	
Excessive	1	14.3	6	85.7	7	100	
Protein Adequacy Level							
Deficit	33	80.5	8	19.5	41	100	0.000*
Normal	6	17.1	29	82.9	35	100	
Excessive	27	17.0	132	83.0	159	100	

* Statistically significant association based on Chi-square test ($p < 0.05$).

Table 2 continuation. Bivariate analysis of factors associated with chronic energy deficiency (CED) among pregnant women in Palu (n = 245)

Variables	Maternal Nutritional Status				Total		p-Value
	CED		Non CED				
	n	%	N	%	n	%	
Fat Adequacy Level							
Deficit	32	86.5	5	13.5	37	100	0.000*
Normal	13	18.8	56	81.2	69	100	
Excessive	21	16.3	108	83.7	129	100	
Carbohydrate Adequacy Level							
Deficit	49	49.5	50	50.5	99	100	0.000*
Normal	15	13.0	100	87.0	115	100	
Excessive	2	9.5	19	90.5	21	100	
Vitamin A Adequacy Level							
Deficit	29	52.7	26	47.3	55	100	0.000*
Normal	13	26.5	36	73.5	49	100	
Excessive	24	18.3	107	81.7	131	100	
Folic Acid Adequacy Level							
Deficit	28	25.5	82	74.5	110	100	0.523
Normal	37	31.1	82	68.9	119	100	
Excessive	1	16.7	5	83.3	6	100	
Calcium Adequacy Level							
Deficit	42	28.8	104	71.2	146	100	0.939
Normal	20	27.4	53	72.6	73	100	
Excessive	4	25.0	12	75.0	16	100	
Eating Habits							
Unhealthy	37	56.1	46	27.2	66	100	0.000*
Healthy	29	43.9	123	72.8	169	100	
Food Availability							
Food insecure	36	54.5	45	26.6	66	100	0.000*
Food secure	30	45.5	124	73.4	169	100	
Household Income							
Low (< minimum wage of Palu City)	44	66.7	54	32.0	98	100	0.000*
High (≥ minimum wage of Palu City)	22	33.3	115	68.0	137	100	

* Statistically significant association based on Chi-square test (p < 0.05).

age of 20 are more susceptible to various forms of malnutrition, including stunting, wasting, overweight, obesity, and anemia. This increased vulnerability can be attributed to the fact that adolescent mothers are still undergoing their own physical growth and development. As a result, there is a nutritional competition between the mother and the fetus, both of whom require essential nutrients for growth, potentially leading to inadequate nutrient availability for one or both.

Interpregnancy Interval

Interpregnancy interval is an important factor influencing maternal nutritional status, particularly in relation to Chronic Energy Deficiency (CED). Short birth spacing, defined as an interval of less than 24 months between pregnancies, has been shown to increase the risk of maternal undernutrition. This is primarily due to the limited time available for mothers to physiologically and nutritionally recover from the previous pregnancy and lactation period. Without sufficient recovery time, maternal nutrient reserves may remain depleted, increasing the likelihood of entering subsequent pregnancies in a nutritionally compromised state. The findings of this study support this association, as women with interpregnancy intervals of less than 24 months had a significantly higher prevalence of CED ($p = 0.005$). This is consistent with previous research by Wati et al (2024)¹¹, it was observed that pregnancies occurring within less than 24 months of a previous birth were linked to a markedly elevated risk approximately 7.3 times higher of developing Chronic Energy Deficiency (CED), compared to those with interpregnancy intervals exceeding 24 months. which emphasized that short birth intervals are associated with adverse maternal and perinatal outcomes, including malnutrition, anemia, and poor fetal growth outcomes²⁰.

Education Level

The educational level of pregnant women plays a pivotal role in determining their nutritional status, including the risk of developing Chronic Energy Deficiency (CED). In this study, a significant association was found between low educational attainment and higher prevalence of CED ($p = 0.005$). Women with lower levels of education, those who did not complete secondary school were more likely to experience CED compared to their counterparts with higher education. This finding is consistent with previous studies, such as that by Triyawati and Yuliani (2023)²¹, which found that Education has a significant influence on CED incidence in pregnant women. Individuals with higher levels of education tend to have better access to information and are more likely to acquire relevant knowledge, including in the area of maternal nutrition. In contrast, limited educational attainment can impede one's ability to understand and adopt new concepts or health-related behaviors, such as appropriate dietary practices during pregnancy²².

Family Support

Family support plays a critical role in maternal nutritional status during pregnancy. This study found a significant association between poor family support and higher CED prevalence ($p < 0.001$). Similarly, a study by Fitria et al. (2024)²³ found that husband support affects maternal health where husband with no support during pregnancy increase risk of CED 4 times than husband with support during pregnancy. Lack of emotional, financial, and practical support may lead to inadequate food intake, reduced access to antenatal care, and increased stress, all of which contribute to nutritional deficiencies during pregnancy²⁴.

Access to Healthcare Services

Access to healthcare services is closely linked to maternal nutritional outcomes. In this study, limited access was significantly associated with higher rates of CED among pregnant women ($p = 0.014$). Consistent with findings by Ghosh et al. (2019)²⁵, women with poor access to antenatal care were more likely to miss nutritional counseling and early detection of undernutrition. Barriers such as distance, cost, and lack of information reduce service utilization, ultimately affecting maternal diet quality and timely nutritional interventions

Hygienic and Healthy Lifestyle Practices

Unhealthy environments and poor hygiene practices can indirectly contribute to Chronic Energy Deficiency (CED) in pregnant women by increasing the risk of infections. Adopting Clean and Healthy Lifestyle Behavior (PHBS) helps reduce disease exposure and supports better nutritional outcomes²⁶. This study found a significant association between clean and healthy lifestyle behavior (PHBS) and the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women in the Talise Health Center area of Palu City ($p = 0.004$). Pregnant women with poor hygiene and health practices were more vulnerable to infections and health issues that could impair nutrient absorption. These findings are consistent with Yulianingsih (2022)²⁷, who also reported a significant relationship between PHBS and CED ($p = 0.005$).

Maternal Knowledge

A mother's knowledge greatly influences her decision-making and related health behaviors. Mothers with adequate nutrition knowledge are more likely to meet their own and their baby's nutritional needs²⁸. In this study, maternal knowledge was significantly associated with Chronic Energy Deficiency (CED) ($p < 0.001$), with 47 pregnant women classified as having poor knowledge and 39 of them experiencing CED. These findings are supported by Wati (2024)¹¹, who also reported a significant association between maternal nutrition knowledge and CED ($p = 0.023$). Pregnant women with limited nutritional understanding are more likely to suffer from CED compared to those with better awareness.

Energy and Macronutrient Adequacy Level

This study revealed significant associations between the adequacy levels of macronutrient intake, specifically energy, protein, fat, and carbohydrates, and the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED), among pregnant women ($p < 0.001$). Pregnant women with energy deficits were more likely to experience CED highlighting the critical role of sufficient caloric intake during pregnancy. Likewise, inadequate protein intake showed a strong correlation with CED, as protein is essential for maternal and fetal tissue development. Fat and carbohydrate deficiencies were also significantly linked to CED, indicating the importance of balanced macronutrient intake to prevent malnutrition. These findings are consistent with previous studies emphasizing that insufficient intake of key macronutrients can impair maternal health and fetal growth outcomes⁷.

Inadequate intake of energy, protein, fat, and carbohydrates is significantly associated with the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women, as these macronutrients play essential roles in supporting maternal metabolism and fetal development. Insufficient energy leads to the mobilization of body reserves, resulting in decreased body mass and mid-upper arm circumference. Low protein intake disrupts tissue formation and immune function, while inadequate fat and carbohydrate intake reduces energy availability, forcing the body to use protein for energy¹¹.

Micronutrient Adequacy Level

This study identified a significant association between vitamin A adequacy and the occurrence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women ($p < 0.001$), whereas folic acid and calcium intakes were not significantly associated ($p = 0.523$ and $p = 0.939$, respectively). Vitamin A is crucial for immune function, epithelial integrity, and cellular differentiation, which may influence the body's ability to absorb and utilize nutrients effectively. In contrast, while folic acid and calcium are essential for fetal neural development and maternal bone health, their levels may not directly impact maternal energy status, explaining the lack of statistical correlation in this context. This finding aligns with prior studies that highlight vitamin A's potential protective role against maternal undernutrition and infection-related nutrient loss during pregnancy.

Eating Habits

Eating habits were significantly associated with the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women ($p < 0.001$). Pregnant women with unhealthy eating habits, defined by low meal frequency, poor dietary diversity, and inadequate intake of balanced nutrients, were more likely to experience CED. These habits reduce the body's ability to meet the increased nutritional demands during pregnancy,

thereby impairing maternal health and fetal development. Unhealthy eating patterns are a contributing factor to maternal undernutrition²⁹. Irregular meals and low food variety during pregnancy increase the risk of insufficient energy and protein intake, both of which are critical for preventing CED³⁰. These findings underline the importance of improving nutrition literacy and dietary behavior among pregnant women as part of maternal health programs.

Food Availability and Household Income

The study demonstrated a significant association between food availability and household income with the incidence of Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women ($p < 0.001$). Limited food availability, often due to unstable food supply or economic constraints, can lead to insufficient nutrient intake, increasing the risk of maternal undernutrition. Pregnant women in food-insecure households were more likely to suffer from CED due to the inability to access a variety of nutrient-rich foods necessary during pregnancy. Additionally, low household income, particularly below the regional minimum wage, further exacerbates this risk by limiting purchasing power for quality food and healthcare. Socio-economic constraints and food insecurity play pivotal roles in maternal nutritional outcomes. Strengthening economic resilience and improving food accessibility are therefore critical components in reducing CED prevalence among pregnant populations⁷.

The strength of the research lies in its comprehensive exploration of multiple determinants associated with Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women, including nutritional intake (macronutrients and micronutrients), health behavior (PHBS), socioeconomic factors (food availability and family income), and healthcare access. Each study applied a cross-sectional design with adequate sample sizes and appropriate statistical tests, yielding significant findings such as the role of vitamin A intake, inadequate health behaviors, and low family income in increasing CED risk. However, limitations include reliance on self-reported data that may introduce recall bias, limited generalizability due to localized study settings (Puskesmas Talise, Palu), and lack of multivariate analysis to control for confounding factors. These limitations suggest the need for future longitudinal or case-control studies with broader sampling to confirm causality and enhance external validity.

CONCLUSION AND RECOMMENDATION

This study confirms that Chronic Energy Deficiency (CED) among pregnant women in disaster-prone areas is strongly associated with multiple demographic, socioeconomic, behavioral, and nutritional determinants. The main significant factors identified were maternal age ($p = 0.046$), short interpregnancy intervals ($p = 0.005$), low education level ($p = 0.005$), poor family support ($p < 0.001$), limited access to healthcare

($p = 0.014$), and unhealthy lifestyle practices ($p = 0.004$). In addition, poor maternal knowledge ($p < 0.001$), inadequate intake of macronutrients such as energy, protein, fat, and carbohydrates (all $p < 0.001$), and insufficient vitamin A intake ($p < 0.001$) were significantly associated with CED. Conversely, folic acid and calcium intake were not related to maternal nutritional status.

To address these multifactorial risks, integrated interventions are urgently required. Priority actions should include strengthening maternal nutrition education, expanding access to quality antenatal services, enhancing family and social support, and implementing food security programs adapted to vulnerable populations in disaster-affected settings. Future research should employ longitudinal or interventional designs to assess the long-term effectiveness of these strategies in reducing CED prevalence and improving maternal-child health outcomes.

REFERENCES

1. ISTIQOMAH ASAND. Sikap Ibu dalam Pemenuhan Kebutuhan Gizi Dengan Kejadian Kekurangan Energi Kronis Pada Ibu Hamil. *J Ilmu Kebidanan*. 2015;1.2:133–9.
2. Tengah DKS. Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah 2022. Palu; 2022.
3. Tengah DKS. Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah. Palu; 2023.
4. Kusumawati DE, Nurwidiyanti N, Hafid F. Gambaran Asupan Makanan dan Status Gizi pada Ibu Hamil di Huntara Kelurahan Petobo Kota Palu. *J Bidan Cerdas [Internet]*. 2022 Apr 1;4(1):25–31. Available from: <https://jurnal.poltekkespalu.ac.id/index.php/JBC/article/view/915>
5. Tita Rosmawati DTMDE. HUBUNGAN PENGETAHUAN IBU HAMIL TENTANG GIZI KEHAMILAN DENGAN KEJADIAN KURANG ENERGI KRONIK (KEK) PADA KEHAMILAN DI KOTA YOGYAKARTA TAHUN 2017. Poltekkes kemenkes jogja. Poltekkes kemenkes jogja; 2019.
6. Yayuk Dwi NFWAN. FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEKURANGAN ENERGI KRONIK (KEK) IBU HAMIL DI WILAYAH KERJA PUSKESMAS ROWOSARI SEMARANG. *J Kedokt Diponegoro (Diponegoro Med Journal)*. 2019;8(1):562–71.
7. Aulia IBVDADNY. HUBUNGAN PENGETAHUAN GIZI, KETERSEDIAAN PANGAN DAN ASUPAN MAKAN DENGAN KEJADIAN KEKURANGAN ENERGI KRONIS PADA IBU HAMIL. *J Doppler*. 2020; 4(2):106–11.
8. Nurhamidi N, Rifqa MA. Relationship between Nutrition Knowledge, Family Income, and Consumption Pattern with the Incidence of Chronic Energy Deficiency in Pregnant Women. *J Local Ther [Internet]*. 2022 Aug 30;1(2):51. Available from: <https://ojs.poltekkes-malang.ac.id/index.php/JLT/article/view/3395>
9. HANDAYANI, Novi; YUNOLA, Satra; INDRIANI PLN. Hubungan Umur Ibu, Paritas Dan Jarak Kehamilan Dengan Kejadian Kekurangan Energi Kronik (Kek) Pada Ibu Hamil Di Wilayah Kerja Puskesmas Tanjung Agung Kabupaten Muara Enim Tahun 2020. *J Doppler*. 2021;5(2):157–63.
10. Anggraini, R., Farida, T., Afrika, E., & Romadhon M. Hubungan gravida, dukungan keluarga dan frekuensi kunjungan ANC dengan kejadian kekurangan energi kronik (KEK) pada ibu hamil di wilayah kerja Puskesmas Tanjung Batu. *J Ilm Obs*. 2023;15(4):192–9.
11. Wati EK, Murwani R, Kartasurya MI, Sulistiyan S. Determinants of chronic energy deficiency (CED) incidence in pregnant women: A cross-sectional study in Banyumas, Indonesia. *Narra J [Internet]*. 2024 Apr 25;4(1):e742. Available from: <https://www.narraj.org/main/article/view/742>
12. M Mutalazimah, Yudhistira Angga Wijaya DLS. Energy, Protein Intake and Mid-Upper Arm Circumference in Pregnant Women in Boyolali Regency, Indonesia. *Malaysian J Med Heal Sci*. 2020; 16:77–83.
13. Mijayanti, R., Sagita, Y. D., Fauziah, N. A., & Fara YD. Faktor-faktor yang berhubungan dengan kurang energi kronik (KEK) pada ibu hamil di UPT Puskesmas Rawat Inap Sukoharjo Kabupaten Pringsewu tahun 2020. *J Matern Aisyah (JAMAN AISYAH)*. 2020; 1(3):205–19.
14. Indarti J, Wonodihardjo HS, Sianipar KA, Antoniman MA. Maternal and Neonatal Outcome in Pregnant Women with Chronic Energy Deficiency in Cipto Mangunkusumo General Hospital, Indonesia. *Open Access Maced J Med Sci [Internet]*. 2023 Mar 19;11(B): 474–9. Available from: <https://oamjms.eu/index.php/mjms/article/view/8509>
15. Syafruddin Nurdin M, Hadju V IATA. Determinants of Chronic Energy Deficiency among pregnant women in Jeneponto regency. *SDH*. 2018;4(1):3–11.
16. Wallace JM. Competition for nutrients in pregnant adolescents: consequences for maternal, conceptus and offspring endocrine systems. *J Endocrinol [Internet]*. 2019 Jul;242(1):T1–19. Available from: <https://joe.bioscientifica.com/view/journals/joe/242/1/JOE-18-0670.xml>
17. Maheshwari M V, Khalid N, Patel PD, Alghareeb R, Hussain A. Maternal and Neonatal Outcomes of Adolescent Pregnancy: A Narrative Review. *Cureus [Internet]*. 2022 Jun 14; Available from: <https://www.cureus.com/articles/100936-maternal-and-neonatal-outcomes-of-adolescent-pregnancy-a-narrative-review>
18. Fitriyah N, Alma LR, Nurrochmah S. Relationship Between Maternal Age and Chronic Energy Deficiency Status with Low Birth Weight Incidence in the Working Area of Arjuno Public Health Center. In 2022. Available from: <https://www.atlantispress.com/article/125969335>
19. Auranissa A, Zuhairini Y, Nurdian W. Relationship between age, occupation, education, and parity with the chronic energy deficiency among pregnant women. *Int J Public Heal Sci [Internet]*. 2024 Sep 1;13(3):1223. Available from: <https://ijphs.iaescore.com/index.php/IJPHS/article/view/23525>
20. Beyene FY, Wudineh KG, Bantie SA, Tesfu AA. Effect of short inter-pregnancy interval on perinatal and maternal outcomes among pregnant women in SSA 2023: Systematic review and

- meta-analysis. Maged AM, editor. PLoS One [Internet]. 2025 Jan 7;20(1):e0294747. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0294747>
21. Triyawati L, Yuliani E. Knowledge, education, and information affect chronic energy deficiency among pregnant mothers in the area of Public Health Center Balen, Bojonegoro, Indonesia. *Maj Obstet Ginekol* [Internet]. 2023 Apr 27;31(1):1–10. Available from: <https://e-journal.unair.ac.id/MOG/article/view/29902>
 22. Cusquisibán-Alcantara Y, Toledo-Garrido C, Calizaya-Milla Y, Carranza-Cubas S, Saintila J. Impact of a Nutrition Education Intervention on Knowledge, Healthy Eating Index, and Biochemical Profile in a Rural Community in Peru. *J Multidiscip Healthc* [Internet]. 2024 Mar;Volume 17:1111–25. Available from: <https://www.dovepress.com/impact-of-a-nutrition-education-intervention-on-knowledge-healthy-eating-peer-reviewed-full-text-article-JMDH>
 23. Yuni Fitria S, Suhartini, Ristya Widi Endah Yani. Analysis of Determinant Factors of Chronic Energy Deficiency (CED) in Pregnant Women With Modification of Lawrence Green and Snehandu B. Kar's Theories. *J Ilmu Kesehat Masy* [Internet]. 2024 Mar 27;14(3):381–92. Available from: <https://ejournal.fkm.unsri.ac.id/index.php/jikm/article/view/1526>
 24. Gebre B, Biadgilign S, Taddese Z, Legesse T, Letebo M. Determinants of malnutrition among pregnant and lactating women under humanitarian setting in Ethiopia. *BMC Nutr* [Internet]. 2018 Dec 27;4(1):11. Available from: <https://bmcnutr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40795-018-0222-2>
 25. Ghosh S, Spielman K, Kershaw M, Ayele K, Kidane Y, Zillmer K, et al. Nutrition-specific and nutrition-sensitive factors associated with mid-upper arm circumference as a measure of nutritional status in pregnant Ethiopian women: Implications for programming in the first 1000 days. Rockers P, editor. PLoS One [Internet]. 2019 Mar 26;14(3):e0214358. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0214358>
 26. Farida Linda Sari Siregar, Nurbaiti. Implementasi Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (PHBS) Pada Ibu Hamil Trimester Tiga Dalam Rangka Persiapan Laktasi. *Talent Conf Ser Local Wisdom, Soc Arts* [Internet]. 2021 Apr 1;4(1). Available from: <https://talentaconfseries.usu.ac.id/lwsa/article/view/1160>
 27. Yulianingsih S. Anemia, Gaya Hidup dan Pengetahuan tentang Gizi Kehamilan Berhubungan dengan Kejadian Kekurangan Energi Kronis (KEK). *Indones J Midwifery Sci* [Internet]. 2022 Oct 20;1(4):152–8. Available from: <https://oaj.scipro-foundation.co.id/index.php/IJMS/article/view/54>
 28. Masdiah, F., Saputri, E. E., & Ratnasari F. PENGARUH TINGKAT PENGETAHUAN DAN PENDAPATAN KELUARGA TERHADAP KURANG ENERGI KRONIS (KEK) PADA IBU HAMIL. *Nusant Hasana J*. 2021;1(4):147–52.
 29. Paladan S. Analisis Faktor Risiko Yang Memengaruhi Kejadian Kurang Energi Kronis Pada Ibu Hamil di Wilayah Kerja Puskesmas Wotu Kabupaten Luwu Timur. *J Data Kesehat Indones*. 2022;1(1).
 30. Zaidah, U., & Maisuroh A. Hubungan Pola Makan Ibu Hamil Dengan Kejadian Kekurangan Energi Kronis (KEK) Di Puskesmas Dasan Lekong. 2022;3(2):351–7.

Fiabilidad de un instrumento diagnóstico del insomnio en pacientes adultos diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2

Insomnia diagnostic instrument's reliability on adult patients diagnosed with type 2 diabetes

José Luis GUZMÁN MALLQUI¹, Ricardo Omar CUERVO GUERRERO¹, Hanae Alejandra UEHARA MORALES¹, Pold Christian VEGA SALAZAR²

1 Grupo de investigación en Nutrición Funcional, Carrera de Nutrición y Dietética, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.

2 Escuela Profesional de Nutrición, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

Recibido: 18/agosto/2025. Aceptado: 6/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: En los últimos años, la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) ha mostrado un incremento tanto a nivel mundial como a nivel Perú. Más allá de presentar complicaciones metabólicas, se asocia con trastornos que afectan el bienestar general, como el insomnio, caracterizado por la dificultad para conciliar o mantener el sueño. Su prevalencia es mayor en personas con la presencia de alguna enfermedad crónica, como la DM2. Es por ello que se busca la validación y confiabilidad para aplicación de instrumentos para evaluar esta alteración del sueño. Uno de los instrumentos para medir la severidad del insomnio es el índice de severidad del insomnio (ISI); aunque su investigación respecto a su confiabilidad en pacientes adultos diagnosticados con DM2 es escasa, teniendo hasta la fecha, algunos estudios realizados en el país de Arabia Saudita.

Objetivo: Evaluar la consistencia interna del índice de severidad del insomnio (ISI) en adultos con diabetes mellitus tipo 2 en Lima, Perú.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio instrumental de tipo transversal. Se realizó el cuestionario a 100 pacientes con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2 pertenecientes a un establecimiento de salud nivel I-4 en Lima, Perú.

La confiabilidad se determinó por medio de la consistencia interna con el coeficiente Alfa de Cronbach.

Resultados: La confiabilidad interna del cuestionario ISI obtuvo un puntaje global de coeficiente Alfa de Cronbach de 0,871. Por otro lado, la correlación entre los ítems abarcó entre 0,284 y 0,782.

Conclusión: A través de la prueba estadística del coeficiente Alfa de Cronbach, el ISI presentó una alta consistencia interna para evaluar la severidad del insomnio en pacientes adultos con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2.

PALABRAS CLAVE

Índice de severidad del insomnio, trastornos del sueño, pacientes crónicos, validación de cuestionarios.

ABSTRACT

Introduction: In recent years, type 2 diabetes mellitus (T2DM) has shown an increase both worldwide and in Peru. Beyond presenting metabolic complications, it is associated with other disorders that affect the general well-being, such as insomnia, characterized by the difficulty of falling or staying asleep. Its prevalence is higher in people with chronic diseases, like T2DM. For this reason, validation and reliability are needed for the applications of instruments to assess this sleep disorder. One of the instruments used to measure the severity of insomnia is the Insomnia Severity Index (ISI); however, there is little research on its reliability in adult patients diagnosed with T2DM, being until this year, a study made in Saudi Arabia.

Correspondencia:

José Luis Guzmán Mallqui
jose.guzmanma@epg.usil.pe

Objective: Evaluate the internal reliability of the insomnia severity index (ISI) on adults with type-2 diabetes mellitus.

Materials and methods: An instrumental, cross-sectional study was carried out. The questionnaire was given to a hundred patients previously diagnosed with DM2 at a health center Level I - 4 in Lima, Perú. The internal reliability of the instrument was established by Cronbach's Alpha coefficient test.

Results: The overall internal score of the Cronbach's alpha coefficient test was 0,871. Item's correlations ranged from 0,284-0,782.

Conclusion: Through the statistical test of Cronbach's Alpha coefficient, the ISI demonstrated high internal consistency for the assessment of insomnia in adult patients diagnosed with type 2 diabetes mellitus.

KEY WORDS

Insomnia severity index, sleep disorder, chronic patients, questionnaire reliability.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2), caracterizada por la presencia de una hiperglucemia consecuencia del deterioro progresivo de la secreción de insulina por parte del páncreas, es una patología crónica de origen multifactorial, abarcando desde el aspecto genético hasta el medioambiental¹. En el año 2021, se consideró a la diabetes mellitus dentro de las diez causantes de mortalidad a nivel mundial. Así mismo, se calculó una prevalencia de 537 millones de personas padecientes de la enfermedad². En la región de Sur América se estima que 1 de cada 10 personas adultas padecen de DM2; representando un total de 35 millones de habitantes³. A nivel Perú, según el MINSA, hasta el mes de junio de 2025 se han registrado 26 495 casos de diabetes, de los cuales 97.5% corresponden a un diagnóstico de DM2⁴.

Por otro lado, el insomnio es un trastorno del sueño caracterizado por la dificultad para conciliar o mantener el sueño. Para realizar el diagnóstico oportuno, según el criterio ICSD-3, la persona debe padecer una mínima de 3 episodios por semana durante un mes⁵. En la mayoría de casos, los pacientes presentan sintomatología como fatiga, cansancio, irritabilidad, confusión y problemas del comportamiento durante el día⁶. Hasta la actualidad, el insomnio se clasifica de corta duración, insomnio crónico, y subtipos clínicos que presentan misma sintomatología pero no los criterios de diagnóstico⁷. Desfavorablemente, la enfermedad puede generar afcción a la calidad de vida de los pacientes que la padecen⁸.

En algunos estudios, se ha evidenciado una relación entre la presencia de insomnio con el riesgo de padecer trastornos psicológicos, como ansiedad o depresión, desorden neurocognitivo, fatiga crónica, problemas gastrointestinales, entre otros. También se ha denotado que el riesgo de accidente la-

boral o tráfico aumentan, especialmente cuando los episodios de insomnio son recurrentes en un periodo mayor de 3 meses. Sin embargo, la evidencia actual denota que el vínculo con el diagnóstico de depresión es más significativo y sólido^{8,9}. Además, los episodios de insomnio son de mayor recurrencia en personas que padecen enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes¹⁰.

Actualmente existen diversos instrumentos para evaluar el grado de insomnio y su impacto. Entre ellos, se encuentra el el Índice de Severidad del Insomnio (ISI), desarrollado y publicado por Charles Morin en 1993, con el fin de determinar el grado de insomnio considerando componentes nocturnos como diurnos^{11,12}. Hasta la actualidad, el ISI ha sido validado en diversos idiomas y poblaciones¹³. La versión en español, evaluada en 500 adultos en España, indicó un Alfa de Cronbach de 0,82, demostrando así la posible aplicación del instrumento en dicha población¹⁴. Sin embargo, hasta la fecha no se han ejecutado estudios donde se mida el uso del instrumento en pacientes adultos diagnosticados con enfermedades crónicas no transmisibles, como la DM2.

Al utilizar un instrumento de recolección de datos, especialmente si se evalúan aspectos subjetivos, es importante que este cuente con validez y confiabilidad para asegurar resultados más precisos¹⁵. Mientras que la validez se refiere a la precisión en la que un instrumento mide aquello que se busca medir, la confiabilidad evalúa la consistencia de los resultados al aplicarse en contextos similares más veces^{15,16}. A pesar de ser conceptos distintos, ambos están relacionados, puesto a que para medir la validez se tiene que determinar previamente la confiabilidad¹⁶. Una opción para determinar la confiabilidad es mediante la consistencia interna por medio del coeficiente Alfa de Cronbach, el cual estima el grado de correlación entre las preguntas o con lo que se busca medir¹⁷.

En Arabia se realizó un estudio de validación del instrumento ISI en su versión árabe a 1005 pacientes adultos, a partir de 18 años, los cuales presenten una o más enfermedades crónicas no transmisibles al momento de la ejecución de la investigación, obteniendo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,82, concluyendo en que el instrumento era viable para medir la severidad del insomnio en esta población. Sin embargo, el estudio no realizó la valoración de confiabilidad respecto a la DM2 exclusivamente¹⁸.

A nivel de Perú, la evidencia actual no indica un estudio que evalúe la severidad del insomnio en pacientes con DM2 usando el instrumento ISI. La escasa información encontrada en dicho país midió la severidad del insomnio en esta población con otros instrumentos disponibles.

Este artículo representa una actualización a la escasa información encontrada en referencia a la validación del instrumento ISI para valorar la severidad del insomnio en personas adultas diagnosticadas con DM2. Buscar la validación de este instrumento ayudaría a encontrar mejores manejos para

abordar soluciones con mayor eficiencia dentro del contexto clínico; entendiendo la implicancia que representa el padecer insomnio para los pacientes con DM2. Adicionalmente, este estudio se figura como impulsador de futuras investigaciones referente a la aplicación del instrumento a la población estudiada que asimile patrones similares.

El objetivo de la investigación fue establecer la confiabilidad interna del instrumento ISI para evaluar la severidad del insomnio en pacientes adultos diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2.

MÉTODOS

Tipo de estudio

Se utilizó un estudio psicométrico de confiabilidad respecto al instrumento ISI, mediante el análisis de la consistencia interna; lo cuál permite evaluar la severidad del insomnio en pacientes con diagnóstico de DM2.

Participantes

Para el estudio se consideró a pacientes adultos diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2 que reciban atención en un centro de salud nivel I-4, ubicado en Lima, Perú. En estudios de confiabilidad, se requiere una cantidad mínima de 10 personas por ítem, lo que representa una población muestral mínima de 70 participantes en este cuestionario¹⁹. Se realizó un muestreo aleatorizado, con el cual se terminó reclutando a 100 pacientes, pertenecientes a dicho establecimiento de salud, con diagnóstico de DM2. La recolección de datos se realizó entre los meses de enero y marzo del año 2025.

Se consideraron participantes mayores de 18 años y de ambos sexos con diagnóstico confirmado de DM2, los cuales fueron previamente informados del objetivo y procedimiento a realizar para tu participación del estudio. Los participantes no elegibles fueron aquellos que presentaban alteraciones cognitivas, se encontraban en estado paliativo, que recibían algún tratamiento psiquiátrico o con diagnóstico de atrofia muscular secundaria a enfermedades sistémicas, debido a que dichas condiciones pueden asociarse con la presencia de fatiga que altera directamente la calidad de sueño, y así generando un sesgo.

Previo a la recolección de datos, el protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética de la institución correspondiente. Así mismo, para la realización del estudio presente se mantuvieron las normas éticas brindadas por las instituciones nacionales. Los participantes de la investigación, antes de la intervención, aceptaron y firmaron el consentimiento informado entregado por los investigadores.

Instrumento

El Índice de Severidad del Insomnio (ISI) consta de 7 preguntas (ítems), en donde se mide la profundidad del sueño severo, mantenimiento del sueño, problemas para despertar tem-

prano, insatisfacción del sueño, afectación del funcionamiento diurno por problemas de sueño, notificación de problemas del sueño por terceros y estrés causado por presentar dificultad para dormir. Cada pregunta presenta una escala de Likert de 0-4 puntos, donde el "0" refiere a "ningún problema" y el "4" indica "problema muy severo". El posible puntaje abarca desde 0 a 28 puntos, donde la severidad aumenta conforme el puntaje es mayor. Así mismo, este instrumento es usado mayoritariamente en el ámbito clínico por su rapidez, practicidad, y precisión al momento de realizar el cuestionario^{11,13}.

Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico, se llevó a cabo un control de calidad de datos utilizando el software estadístico STATA versión 2018 para Windows. Este mismo programa se utilizó para realizar la prueba estadística correspondiente al estudio.

La consistencia interna del instrumento ISI se midió por medio del coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach. Los valores oscilantes entre el 0,70 y 0,90 indican buena consistencia interna. Valores por debajo de 0,70 puede sugerir falta de relación entre los ítems o medir constructos diferentes. Por otro lado, valores mayores de >0.90, podrían indicar redundancia entre los ítems o preguntas^{17,20}. La confiabilidad fue analizada tanto de manera global como a nivel individual por medio de la correlación entre los ítems y el instrumento.

RESULTADOS

Los resultados demográficos demostraron que el grupo de mujeres fue el de mayor porcentaje, representando un 75% de la muestra total. El rango de esta osciló entre los 19 a 89 años con una media de 55.9 La mayoría de la población que participó del estudio fue perteneciente al rango de edad entre 30 a 59 años, sucedido del grupo de 60 o más años, y, últimamente, el grupo comprendido entre 18 a 29 años, siendo 53%, 42% y 5%, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los participantes

Característica	Categoría	n (%)
	Total	100
Sexo	Femenino	75 (75%)
	Masculino	25 (25%)
	Media±DE (rango)	55.9±13.9 (19-89)*
Edad	18-29 años	5 (5%)
	30-59 años	53 (53%)
	≥60 años	42 (42%)

* Valor expresado en media ± desviación estándar (rango de edades).

El instrumento ISI marcó un puntaje general del coeficiente Alfa de Cronbach equivalente a 0,871 (Tabla 2).

Tabla 2. Consistencia interna del Índice de Severidad del Insomnio (Alfa de Cronbach)

Alfa de Cronbach	Nº de ítems
0,871	7

Adicionalmente, se midió la validación del cuestionario mediante la correlación por cada ítem con el instrumento, y se obtuvo valores entre 0,284 - 0,782. Los resultados que encontraron fueron: "Dificultad para dormir" con 0,782; "Dificultad para mantener el sueño" con 0,744; "Me despierto muy temprano" con 0,284; "¿Qué tan satisfecho/insatisfecho estás con tu patrón de sueño actual?" con 0,714; "¿Qué tan notable para los demás cree que es su problema del sueño en términos de deterioro de su calidad de vida?" con 0,618; "¿Qué tan preocupado/angustiado está por su problema de sueño actual?" con 0,766; y "¿Hasta qué punto considera que su problema de sueño interfiere con su funcionamiento diario (por ejemplo, fatiga durante el día, estado de ánimo, capacidad para funcionar en el trabajo/tarea diarias, concentración, memoria, estado de ánimo, etc.) actualmente?" con 0,642 (Tabla 3).

DISCUSIÓN

El estudio evaluó la confiabilidad interna del instrumento ISI para medir la severidad del insomnio en pacientes con diagnóstico de DM2. El coeficiente Alfa de Cronbach resultó de

0,871, lo que refleja una alta consistencia interna del instrumento. Estos resultados son similares a los reportados por Al Maqbali y cols., quienes evaluaron la versión árabe con un coeficiente de 0,82, y a los hallazgos de Dieperink y cols., los cuales utilizaron la versión danesa con un coeficiente de 0,90^{18,21}. Si bien ambas investigaciones fueron realizadas en un contexto clínico con pacientes con alguna condición médica, incluyendo la DM2, es importante destacar que ambos estudios utilizaron versiones traducidas a otro idioma. En lo que respecta a investigaciones de la versión en español en un contexto clínico, especialmente en pacientes con diagnóstico de DM2, no existe evidencia, lo cual añade valor a nuestra investigación.

Dentro de la correlación entre las preguntas (ítems) y el instrumento se mostró que el ítem "Me despierto muy temprano" mantuvo una correlación de 0,284; lo que sugiere la posibilidad de exclusión del instrumento aplicado a la muestra, puesto que algunas postulaciones indican que para demostrar una correlación más significativa y estricta, el resultado debe ser mayor o igual a 0,5²². Sin embargo, se debe considerar el contexto en el que se presenta la investigación y la relación del instrumento con el campo de estudio para retirar alguna pregunta con un resultado bajo. En algunas investigaciones, es viable el uso de una mínima de 0,2 en casos donde la pregunta infiera a respuestas subjetivas, o donde se demuestre que el ítem en cuestión sea importante para el público sujeto a estudiar²²⁻²⁴. En situaciones en donde la investigación sea temprana, escasa o el instrumento se encuentre en curso de validación acorde al objetivo de estudio, es posible una correlación mínima de 0,2²⁵.

Además, para analizar si un ítem requiere eliminarse o no, se debe considerar cuán importante es este en el instru-

Tabla 3. Consistencia interna por cada ítem

Ítem	Correlación total corregida	Alfa de Cronbach si se excluye el ítem
"Dificultad para dormir"	0,782	0,836
"Dificultad para mantener el sueño"	0,744	0,840
"Me despierto muy temprano"	0,284	0,893
"¿Qué tan satisfecho/insatisfecho estás con tu patrón de sueño actual?"	0,714	0,843
"¿Qué tan notable para los demás cree que es su problema del sueño en términos de deterioro de su calidad de vida?"	0,618	0,856
"¿Qué tan preocupado/angustiado está por su problema de sueño actual?"	0,766	0,835
"¿Hasta qué punto considera que su problema de sueño interfiere con su funcionamiento diario (por ejemplo, fatiga durante el día, estado de ánimo, capacidad para funcionar en el trabajo/tarea diarias, concentración, memoria, estado de ánimo, etc.) actualmente?"	0,642	0,855

mento. Es decir, si se elimina un ítem, los ítems restantes deberán cumplir con abarcar adecuadamente toda la dimensión o constructo del instrumento que se pretende medir²⁶. Por ello, es importante mencionar que eliminar un ítem sin comprender el contexto y su significancia puede generar que el instrumento pierda validez a futuro, o que no sea tan representativo²⁷.

Limitaciones

La escasez de investigación en este campo de estudio presenta una limitación importante, tanto a nivel hispanohablante, como a nivel mundial. No obstante, la realización de este estudio realza la significancia en dicho campo como mediador para la realización de futuras investigaciones. Es por ello, que se sugiere la realización de mayor investigación respecto a el análisis de confiabilidad y aplicación del instrumento ISI en pacientes diagnosticados con DM2 bajo la finalidad de mejorar el abordaje clínico multidisciplinario frente a dicha población.

CONCLUSIÓN

El instrumento ISI presentó una confiabilidad interna de 0,871. La correlación de las preguntas con el instrumento presentó variaciones significativas. Sin embargo, es viable su utilización, comprendiendo el contexto en el que se realiza la empleabilidad de estas. Medir la confiabilidad de este instrumento brinda mayor validez científica para su aplicación en pacientes diagnosticados con DM2. Finalmente, este instrumento permite la realización de un abordaje clínico más completo y eficaz.

BIBLIOGRAFÍA

- Młynarska E, Czarnik W, Dzieża N, Jędraszak W, Majchrowicz G, Prusinowski F, et al. Type 2 Diabetes Mellitus: New Pathogenetic Mechanisms, Treatment and the Most Important Complications. *Int J Mol Sci*. 2025 Jan 27;26(3):1094.
- Ong KL, Stafford LK, McLaughlin SA, Boyko EJ, Vollset SE, Smith AE, et al. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*. 2023 July;402(10397):203–34.
- International Diabetes Federation. South and Central America – IDF Diabetes Atlas [Internet]. 2025. Available from: <https://diabetesatlas.org/data-by-location/region/south-and-central-america/>
- Dirección General de Epidemiología. Sala situacional de diabetes Perú 2025 [Internet]. 2025. Available from: https://app7.dge.gob.pe/maps/sala_diabetes/
- Naha S, Sivaraman M, Sahota P. Insomnia: A Current Review. *Mo Med*. 2024;121(1):44–51.
- Riemann D, Benz F, Dressle RJ, Espie CA, Johann AF, Blanken TF, et al. Insomnia disorder: State of the science and challenges for the future. *J Sleep Res*. 2022 Aug;31(4):e13604.
- Chigome AK, Nhira S, Meyer JC. An overview of insomnia and its management. *Public Health Pharm Manag*. 2018;85(2):32–8.
- Ishak WW, Bagot K, Thomas S, Magakian N, Bedwani D, Larson D, et al. Quality of life in patients suffering from insomnia. *Innov Clin Neurosci*. 2012 Oct;9(10):13–26.
- Le PH, Khanh-Dao Le L, Rajaratnam SMW, Mihalopoulos C. Quality of life impacts associated with comorbid insomnia and depression in adult population. *Qual Life Res*. 2024 Dec;33(12):3283–98.
- Babicki M, Piotrowski P, Mastalerz-Migas A. Insomnia, Daytime Sleepiness, and Quality of Life among 20,139 College Students in 60 Countries around the World—A 2016–2021 Study. *J Clin Med*. 2023 Jan 15;12(2):692.
- Morin CM, Belleville G, Bélanger L, Ivers H. The Insomnia Severity Index: psychometric indicators to detect insomnia cases and evaluate treatment response. *Sleep*. 2011 May 1;34(5):601–8.
- Ulander M, Rångtell F, Theorell-Haglöw J. Sleep Measurements in Women. *Sleep Med Clin*. 2021 Dec;16(4):635–48.
- Bastien CH, Vallières A, Morin CM. Validation of the Insomnia Severity Index as an outcome measure for insomnia research. *Sleep Med*. 2001 July;2(4):297–307.
- Fernandez-Mendoza J, Rodriguez-Muñoz A, Vela-Bueno A, Olavarrieta-Bernardino S, Calhoun SL, Bixler EO, et al. The Spanish version of the Insomnia Severity Index: A confirmatory factor analysis. *Sleep Med*. 2012 Feb;13(2):207–10.
- Molina-Ruiz HD, García Vargas MaDLE. Evaluación de la confiabilidad, validez y objetividad en instrumentos de medición: un estudio comparativo en áreas sociales y de salud. *TEPEXI Bol Científico Esc Super Tepeji Río*. 2025 Jan 5;12(23):23–9.
- Ishtiaq Ahmed, Sundas Ishtiaq. Reliability and Validity: Importance in medical research. *J Pak Med Assoc*. 2021 July 26;71(10):2401–6.
- Rojas Apaza Z, Torres Ramos G, Garavito Chang EL. Construcción y validación de instrumentos de medición en el ámbito de la salud. Revisión de Literatura. *Rev Odontol PEDIÁTRICA*. 2022 July 28;21(1):e206.
- Al Maqbali M, Madkhali N, Dickens GL. Psychometric Properties of the Insomnia Severity Index Among Arabic Chronic Diseases Patients. *SAGE Open Nurs*. 2022;8:23779608221107278.
- White M. Sample size in quantitative instrument validation studies: A systematic review of articles published in Scopus, 2021. *Heliyon*. 2022 Dec;8(12):e12223.
- Reidl-Martínez LM. Confiabilidad en la medición. *Investig En Educ Médica [Internet]*. 2013 June;2(6). Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000200007&lng=es.
- Dieperink KB, Elneggaard CM, Winther B, Lohman A, Zerlang I, Möller S, et al. Preliminary validation of the insomnia severity index in Danish outpatients with a medical condition. *J Patient-Rep Outcomes*. 2020 Mar 2;4(1):18.

22. Sovey S, Osman K, Mohd-Matore MEE. Exploratory and Confirmatory Factor Analysis for Disposition Levels of Computational Thinking Instrument Among Secondary School Students. *Eur J Educ Res*. 2022 Apr 15;volume-11-2022(volume-11-issue-2-april-2022):639-52.
23. Boonyaratana Y, Hansson EE, Granbom M, Schmidt SM. The Psychometric Properties of the Meaning of Home and Housing-Related Control Beliefs Scales among 67-70 Year-Olds in Sweden. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 17;18(8):4273.
24. Spiliotopoulou G. Reliability reconsidered: Cronbach's alpha and paediatric assessment in occupational therapy. *Aust Occup Ther J*. 2009 June;56(3):150-5.
25. Lehmann-Mendoza R, Cortés-Moreno GY, Sarabia-González O, Figuerola-Escoto RP, Luna D, González-Mundo I, et al. Design and validation of an instrument to evaluate Person-Centered care in health services. *Arch Public Health*. 2024 Aug 14;82(1):123.
26. Swan K, Speyer R, Scharitzer M, Farneti D, Brown T, Woisard V, et al. Measuring what matters in healthcare: a practical guide to psychometric principles and instrument development. *Front Psychol*. 2023;14:1225850.
27. Boateng GO, Neilands TB, Frongillo EA, Melgar-Quinonez HR, Young SL. Best Practices for Developing and Validating Scales for Health, Social, and Behavioral Research: A Primer. *Front Public Health*. 2018 June 11;6:149. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149>

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de un yogur de arazá (*Eugenia stipitata*) endulzado con panela

Evaluation of the physicochemical properties and bioactive compounds of an arazá (*Eugenia stipitata*) yoghurt sweetened with panela (sugar cane)

María Katherine CASTILLO CEDEÑO¹, Ítalo Jair CHAVARRIA CEDEÑO¹, José Patricio MUÑOZ MURILLO²

¹ Estudiante de pregrado en la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias, Carrera de Agroindustrias. Chone, Manabí, Ecuador.

² Docente investigador, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias. Chone, Manabí, Ecuador.

Recibido: 20/agosto/2025. Aceptado: 7/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: el yogur es un producto lácteo fermentado con un consumo importante a nivel del mundo debido al importante valor nutricional y los diferentes beneficios para la salud.

Objetivos: el objetivo de la investigación fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de un yogur elaborado con arazá endulzado con panela.

Materiales y métodos: se utilizó un diseño experimental completamente al azar conformado por tres tratamientos que incluyeron tres porcentajes de pulpa de arazá (5, 10 y 15%). Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del yogur considerando los requisitos de la norma NTE INEN 2395. Adicionalmente, se determinó los principales compuestos bioactivos (fenoles) y capacidad antioxidante. Se evaluaron las propiedades sensoriales mediante un panel sensorial.

Resultados: la caracterización de la pulpa de arazá, reflejó un alto contenido de sólidos solubles (51,67 °Brix), baja acidez (pH 2,76), elevada viscosidad (1844,97 cP) y presencia de compuestos bioactivos como fenoles totales (1,04 mg GAE/g)

y actividad antioxidante (2,44 µmol TE/g). La evaluación fisicoquímica de los yogures con diferentes concentraciones de pulpa y endulzados con panela arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$), con mayor contenido de pH en T1 (3,98%), acidez titulable (1,58%), en tanto que T2 mantuvo una mayor turbidez (100.373 NTU), viscosidad (377,27 cP), proteína (2,12%) y grasa (3,26%). El análisis del color mantuvo una tendencia a colores verdes y amarillos. El análisis microbiológico determinó que los tratamientos mostraron ausencia de coliformes y *E. coli*, y valores de mohos y levaduras dentro de los máximos y mínimos de la norma INEN 2395. El tratamiento T1 presentó mayor contenido de fenoles (145,72), mientras que T3 mostró mayor capacidad antioxidante (126,43). El análisis sensorial fue mejor en T2 en el olor (4,23), textura (3,97) y sabor (4,07).

Conclusiones: se concluye que el tratamiento T2 obtuvo un buen equilibrio entre propiedades fisicoquímicas, estabilidad microbiológica, compuestos bioactivos y aceptación sensorial.

PALABRAS CLAVE

Antioxidantes, lácteos, metabolitos secundarios, nutrición.

ABSTRACT

Introduction: Yogurt is a fermented dairy product that is widely consumed around the world due to its high nutritional value and various health benefits.

Correspondencia:
Castillo Cedeño María Katherine
mcastillo8638@utm.edu.ec

Objectives: The objective of this study was to evaluate the physicochemical properties and bioactive compounds of yogurt made with arazá sweetened with panela.

Materials and methods: A completely randomized experimental design was used, consisting of three treatments that included three percentages of arazá pulp (5, 10, and 15%). The physicochemical and microbiological properties of the yogurt were evaluated according to the requirements of standard NTE INEN 2395. In addition, the main bioactive compounds (phenols) and antioxidant capacity were determined. Sensory properties were evaluated by a sensory panel.

Results: The characterization of the arazá pulp showed a high content of soluble solids (51.67 °Brix), low acidity (pH 2.76), high viscosity (1844.97 cP) and the presence of bioactive compounds such as total phenols (1.04 mg GAE/g) and antioxidant activity (2.44 µmol TE/g). The physicochemical evaluation of yogurts with different concentrations of pulp and sweetened with panela showed significant differences ($p < 0.05$), with higher pH content in T1 (3.98%), titratable acidity (1.58%), while T2 maintained higher turbidity (100,373 NTU), viscosity (377.27 cP), protein (2.12%) and fat (3.26%). The color analysis maintained a tendency to green and yellow colors. The microbiological analysis determined that the treatments showed an absence of coliforms and *E. coli*, and values of molds and yeasts within the maximum and minimum values of INEN 2395. Treatment T1 showed higher phenol content (145.72), while T3 showed higher antioxidant capacity (126.43). Sensory analysis was better in T2 in odor (4.23), texture (3.97) and flavor (4.07).

Conclusions: It is concluded that treatment T2 achieved a good balance between physicochemical properties, microbiological stability, bioactive compounds, and sensory acceptance.

KEY WORDS

Antioxidants, dairy, secondary metabolites, nutrition.

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos naturales ha mostrado un crecimiento favorable en los últimos años debido a la preocupación por una dieta que no solo satisfaga las necesidades básicas de nutrición, sino que también promueva el bienestar integral de las personas, a nivel mundial, lo que a su vez responde a la necesidad de encontrar alternativas alimenticias que combinen beneficios para la salud con un impacto ambiental reducido¹. En este contexto, las frutas tropicales y endulzantes naturales, por sus propiedades nutricionales y bioactivas, han cobrado un interés especial; sin embargo, persiste una brecha en el desarrollo de productos que aprovechen los recursos locales en países megadiversos, donde los ingredientes autóctonos aún no han alcanzado todo su potencial en la industria alimentaria², considerándose que el uso

de recursos locales en la producción de alimentos puede ser una herramienta clave para mejorar la seguridad alimentaria y fomentar el desarrollo rural³.

Frente al importante reconocimiento del Ecuador por su riqueza en biodiversidad, la agroindustria enfrenta diversos desafíos relacionados con la diversificación de su oferta, especialmente en lo que respecta a la valorización de ingredientes desarrollados dentro del entorno local⁴; dentro de este ámbito, los lácteos han destacado por su valioso aporte de nutrientes esenciales, como proteínas de alta calidad, calcio, vitaminas A, D y B12, así como minerales como el fósforo y el magnesio, los desempeñan un importante rol en la salud ósea, favoreciendo la mineralización y el mantenimiento de la densidad de los huesos, especialmente durante el crecimiento infantil⁵.

El yogur es un producto lácteo fermentado por la acción de cultivos bacterianos específicos sobre la leche, principalmente por *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, los cuales convierten la lactosa presente en la leche en ácido láctico, lo que provoca la coagulación de las proteínas y da lugar a la textura característica del yogur⁶. Este producto se caracteriza por ser una fuente rica en proteínas, calcio y vitaminas, además de la presencia de probióticos, microorganismos vivos que pueden aportar beneficios a la salud intestinal al mejorar el equilibrio de la microbiota⁷.

El arazá (*Eugenia stipitata*) es una fruta tropical originaria de la región amazónica de Sudamérica, conocida por ser una fuente importante de vitamina C, antioxidantes, fibra dietética y minerales como el potasio y el calcio⁸. La alta concentración de vitamina C lo convierte en un excelente aliado para fortalecer el sistema inmunológico, además de ser beneficioso para la salud de la piel y la prevención del envejecimiento celular⁹.

La panela es un producto obtenido a partir de la caña de azúcar, que se elabora mediante la evaporación del jugo de caña, sin someterlo a procesos de refinado. Este producto conserva muchos de los nutrientes naturales, como minerales esenciales como el calcio, hierro, magnesio, potasio y vitaminas del complejo B. Además, contiene antioxidantes, como los polifenoles, que ayudan a combatir el daño celular y reducir la inflamación¹⁰.

Por ello la presente investigación se desarrolla con el objetivo de evaluar las propiedades fisicoquímicas los compuestos bioactivos de un yogur elaborado con arazá (*Eugenia Stipitata*) endulzado con panela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en los predios de la Facultad de Agrociencias de la Universidad Técnica de Manabí, del cantón Chone en la provincia de Manabí, en el

Centro de Análisis Biológico y Agroalimentario (CABA) y el Laboratorio de Análisis Sensorial de la misma Facultad, la cual se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 0° 41'19.0" de latitud sur y a 80° 7'25.1' longitud oeste, a 16 m.s.n.m con una precipitación de 665° mm una evaporación 1407° m.m y una temperatura ambiente promedio de 34°C máxima y 19,3 °C mínima.

Diseño de la investigación

Se aplicó un Diseño experimental Completamente al Azar (DCA) factorial, conformado tres concentraciones de pulpa de arazá (5, 10 y 15 %). Se utilizaron tres tratamientos con tres réplicas dando un total de 9 unidades experimentales.

Tabla 1. Diseño experimental de la investigación

Tratamiento	Código	% Pulpa Arazá	Réplica
1	T1	5	3
2	T2	10	3
3	T3	15	3

Esquema del diseño de experimento de la investigación.

Obtención del yogur de arazá endulzado con panela

Se recolectaron frutos de arazá con un buen estado de madurez y libre de deterioros físicos y microbiológicos. Se procedió con el escaldado a temperatura de 95°C por un periodo de 3 minutos para posteriormente eliminar la cáscara del fruto. La pulpa fue almacenada en fundas ziploc con sellado hermético y almacenada a temperatura de 4°C. Previo a la inclusión de la pulpa en el yogur se efectuó una caracterización fisicoquímica donde se consideraron los siguientes parámetros: Sólidos solubles (INEN NTE 380), pH (NTE INEN-ISO 1842), viscosidad (Instrumental/ Viscosímetro rotacional), actividad antioxidante (Espectrofotométrico/DPPH), fenoles totales (Espectrofotométrico/ Folin Ciocalteu) y acidez (INEN-ISO 750).

La elaboración del yogur inició con la recolección de la leche y procedió con el control de calidad de la leche donde se evaluó el contenido de pH y % de acidez. La leche se filtró con la finalidad de eliminar las impurezas y se pesaron los insumos a utilizar en la formulación (Tabla 2). Se continuó con la pasteurización a una temperatura de 90 °C por un periodo de 15 segundos. Una vez finalizada la pasteurización se bajó la temperatura a 42 °C y se agregó el inóculo utilizando una concentración del 3 % y dejó en incubación por un periodo de 6 horas a 42 °C. Posteriormente se procedió a incorporar la pulpa previamente escaldada y se homogenizó para lograr una correcta distribución en el yogur para finalmente envasarlo y conservarlo en refrigeración a 4 °C.

Tabla 2. Formulación de Materia Prima e Insumos

Detalle	T1 (5% arazá)	T2 (10% arazá)	T3 (15% arazá)
Leche entera (mL)	5000	5000	5000
Cultivo láctico (mL)	300	300	300
Panela (g)	500	500	500
Estabilizante (g)	10	10	10
Pulpa de arazá (g)	250	500	750

Mililitro (mL), gramo (g).

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del yogur

Para cada tratamiento se efectuó una valorización fisicoquímica de los tratamientos donde se consideraron los siguientes parámetros: pH (NTE INEN-ISO 1842), acidez titulable (INEN-ISO 750), turbidez (turbidímetro), viscosidad (instrumental/ viscosímetro rotacional), proteína (NTE INEN-ISO 20483), grasa (AOAC 2003.06) y análisis colorimétrico por el espacio CieLab (colorímetro digital).

El análisis microbiológico se desarrolló a partir de los requisitos de la norma INEN 2395¹⁹, donde se evaluaron los parámetros *E. coli* (NTE INEN 1529-8), Coliformes Totales (NTE INEN 1529-7), Mohos y Levaduras (NTE INEN 1529-10) y Bacterias Ácido Lácticas (Siembra en medio MRS (Man, Rogosa y Sharpe)).

Determinación de los principales compuestos bioactivos del yogur

Se llevó a cabo un análisis de los compuestos bioactivos presentes en el yogur de arazá donde determinó la presencia de polifenoles a partir de método Folin-Ciocalteu; de la misma manera, se analizó la actividad antioxidante por el método DPPH, midiendo la capacidad del producto final para neutralizar radicales libres. Las lecturas se desarrollaron mediante la utilización de un espectrofotómetro de UV-Vis de la marca GENESYS.

Evaluación sensorial del yogur de arazá endulzado con panela

Se realizó mediante un panel sensorial de 90 jueces no entrenados, los mismos que evaluaron las propiedades organolépticas como el sabor, olor, color y textura, en una escala hedónica del 1 al 5, en la que consta que la puntuación más alta es 5 y la puntuación más baja es 1. Esta actividad se realizó en el laboratorio de análisis sensorial de la Facultad de Agrociencias Extensión Chone.

Análisis Estadístico

Los resultados del estudio fueron analizados mediante la aplicación de análisis de varianza ANOVA. Consecutivamente se procedió con la comparación de medias de Tukey utilizando un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

Previo al desarrollo de las formulaciones del yogur se procedió con la caracterización de las muestras de donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de arazá

Parámetros	Unidad de medida	$\bar{x} \pm D.E$
Sólidos solubles	°Brix	51,67 $\pm$ 2,89
pH	-	2,76 $\pm$ 0,01
Viscosidad	cP	1844,97 $\pm$ 9,89
Actividad antioxidante	μ mol TE/g de pulpa	2,44 $\pm$ 0,00
Fenoles Totales	mg GAE/g de pulpa	1,04 $\pm$ 0,05
Acidez	g de ácido cítrico/100mL	0,26 $\pm$ 0,01

La tabla muestra los resultados de la composición fisicoquímica de la pulpa de arazá.

El análisis de los resultados de la caracterización fisicoquímica de las muestras de la pulpa de arazá demostró una alta presencia de sólidos solubles 51,67 $\pm$ 2,89 °Brix, que deriva

de una alta presencia de azúcares. Por su parte, el contenido de pH fue de 2,76 $\pm$ 0,01 que indica una elevada acidez del fruto, lo que contrasta con los valores de acidez titulable, el cual fue de 0,26 $\pm$ 0,01 g de ácido cítrico/100 mL que deriva de la naturaleza ácida de este tipo de frutos.

En relación a la viscosidad reportada en la pulpa de arazá se encontró como resultados un promedio de 1844,97 $\pm$ 9,89 cP relacionado al espesor de la pulpa. En cuanto a la presencia de compuestos bioactivos, se observó una actividad antioxidante de 2,44 $\pm$ 0,00 μ mol TE/g, junto con un contenido de fenoles totales de 1,04 $\pm$ 0,05 mg GAE/g.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de pH del yogur natural con la inclusión de los tres niveles de pulpa de arazá demostraron un comportamiento significativo ($p=0,0001$), donde se observa una disminución progresiva a medida que aumenta la concentración de la pulpa con valores de 3,98 $\pm$ 0,01 para T1, 3,92 $\pm$ 0,01 para T2 y 3,85 $\pm$ 0,02 para T3. Proporcionalmente, el contenido de acidez titulable de los tratamientos muestra una reducción significativa ($p=0,0001$) de este indicador en los tratamientos con mayor concentración de pulpa de arazá, siendo menor en el tratamiento T2 con 1,09 $\pm$ 0,06, seguido del tratamiento T3 con 1,29 $\pm$ 0,02.

El análisis de la turbidez de los yogures arrojó un comportamiento significativo ($p<0,0001$), donde se observa una superioridad numérica en el tratamiento T2 con 100.373 $\pm$ 646,63 NTU, seguido del tratamiento T1 con 92.267 $\pm$ 208,17 NTU y T3 con 60.667 $\pm$ 57,74 NTU. De la misma manera, la viscosidad de los yogures demostró diferencias significativas ($p<0,0001$) entre tratamientos donde se observa que el tratamiento T2 fue superior con 377,27 $\pm$ 3,04 cP, en tanto que los tratamientos T1 y T3 alcanzaron una menor viscosidad con 223,03 $\pm$ 1,81 cP y 223,03 $\pm$ 2,93 cP, respectivamente.

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica del yogur elaborado con diferentes niveles de pulpa de arazá

Parámetros	T1 $\bar{x} \pm D.E$	T2 $\bar{x} \pm D.E$	T3 $\bar{x} \pm D.E$	p-valor
pH	3,98 $\pm$ 0,01 a	3,92 $\pm$ 0,01 b	3,85 $\pm$ 0,02 c	0,0001
Acidez titulable	1,58 $\pm$ 0,07 a	1,09 $\pm$ 0,06 c	1,29 $\pm$ 0,02 b	0,0001
Turbidez	92.267 $\pm$ 208,17 b	100.373 $\pm$ 646,63 a	60.667 $\pm$ 57,74 c	<0,0001
Viscosidad	223,03 $\pm$ 2,93 c	377,27 $\pm$ 3,04 a	321,23 $\pm$ 1,81 b	<0,0001
Proteína	2,02 $\pm$ 0,06 ab	2,12 $\pm$ 0,09 a	1,94 $\pm$ 0,00 b	0,0356
Grasa	2,66 $\pm$ 0,06 b	3,26 $\pm$ 0,04 a	2,50 $\pm$ 0,02 c	<0,0001
L	95,22 $\pm$ 0,01 b	95,64 $\pm$ 0,39 b	98,17 $\pm$ 0,21 a	<0,0001
a*	0,58 $\pm$ 0,03 a	-1,25 $\pm$ 0,02 b	-2,15 $\pm$ 0,17 c	<0,0001
b*	2,52 $\pm$ 0,03 c	10,51 $\pm$ 0,02 b	13,18 $\pm$ 0,06 a	<0,0001

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p<0,05$).

El contenido proteína de los yogures en estudio demostró diferencias significativas ($p=0,0356$) entre los tratamientos en estudio, donde el tratamiento T2 alcanzó un mayor aporte de proteína en el yogur con un promedio de $2,12 \pm 0,09$ % y menor en el tratamiento T3 con $1,94 \pm 0,00$ %. El porcentaje de grasa de los tratamientos demostró diferencias significativas ($p<0,0001$) donde se observa que el tratamiento T2 fue superior con 3,26%.

El análisis de la Luminosidad (L) en los yogures arrojó diferencias significativas ($p<0,0001$) entre tratamientos, donde se puede apreciar que el tratamiento T3 se mantuvo superior a los demás tratamientos, lo que demuestra una tonalidad más clara con $98,17 \pm 0,21$, en tanto que para los tratamientos T1 y T2 alcanzaron valores mas bajos con promedios de $95,22 \pm 0,01$ y $95,64 \pm 0,39$. El eje de la coordenada a^* demostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0,0001$), donde se observó un aumento en la fijación del color verde con el aumento de los niveles de pulpa de arazá. Por su parte, los resultados de la coordenada b^* aumentó significativamente ($p<0,0001$) con el aumento del contenido de arazá, siendo superior en el tratamiento T3 con 13,18.

Los resultados del análisis microbiológico de los yogures con diferentes niveles de arazá muestran que los en cada uno de los tratamientos se mostró la ausencia de *Escherichia coli* y Coliformes totales.

Por su parte al analizar el comportamiento de los mohos y levaduras se encontró como resultados una reducción significativa ($p=0,0397$) entre los promedios de cada tratamiento, donde el tratamiento T3 obtuvo una menor presencia de este

tipo de microorganismo con $3,06E+02$ UPC/g, a diferencia del tratamiento T1 que alcanzó un promedio de $4,10E+02$ UPC/g, destacándose la ausencia de hongos en el producto final de acuerdo al reporte de los análisis de laboratorio. Por su parte, el análisis de las bacterias ácido lácticas no mostraron diferencias significativas entre tratamientos con valores de $2,45E+08$ a $2,66E+08$ UFC/g.

Los resultados del contenido de fenoles totales del yogur con los diferentes niveles de arazá mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p<0,0001$) entre tratamientos, donde el tratamiento T1 presentó la mayor concentración con $145,72 \pm 0,98$ mg GAE/100g, seguido por los tratamientos T2 con $124,06 \pm 1,04$ mg GAE/100g, y T3 con $113,45 \pm 0,92$ mg GAE/100g.

Los resultados de la actividad antioxidante de los tratamientos en estudio, demostró que se encontró diferencias significativas ($p=0,0022$), donde se observa que el tratamiento T3 obtuvo mejores resultados con $126,43 \pm 5,16$ μ mol TE/100g, a diferencias de los tratamientos T1 y T2, los cuales obtuvieron un menor efecto antioxidante con valores de $116,36 \pm 0,32$ y $111,01 \pm 0,95$ μ mol TE/100g, respectivamente.

Los resultados del análisis estadístico en cuanto al sabor, se observaron diferencias significativas ($p=0,0031$), donde el tratamiento T2 alcanzó la mejor aceptación con $4,07 \pm 1,35$, compartiendo un comportamiento similar con el tratamiento T1 con $3,64 \pm 1,19$. En tanto que para el tratamiento T3 con $3,63 \pm 1,35$ el cual obtuvo una menor aceptación. Con relación al olor, los resultados muestran que el tratamiento T2 obtuvo una mejor aceptación con una puntuación de $4,23 \pm 1,05$

Tabla 5. Evaluación microbiológica de los tratamientos en estudio

Parámetros	T1 $\bar{x} \pm D.E$	T2 $\bar{x} \pm D.E$	T3 $\bar{x} \pm D.E$	p-valor
<i>E. coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-
Coliformes Totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-
Mohos y Levaduras	$4,10E+02 \pm 4,15E+01$ a	$3,53E+02 \pm 4,80E+01$ ab	$3,06E+02 \pm 1,45E+01$ c	0,0397
Bacterias Ácido Lácticas	$2,45E+08 \pm 1,85E+07$ a	$2,52E+08 \pm 5,03E+06$ a	$2,66E+08 \pm 5,77E+05$ a	0,1336

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p<0,05$).

Tabla 6. Evaluación de los compuestos bioactivos del yogur con diferentes niveles de pulpa de arazá

Parámetros	T1 $\bar{x} \pm D.E$	T2 $\bar{x} \pm D.E$	T3 $\bar{x} \pm D.E$	p-valor
Fenoles totales	$145,72 \pm 0,98$ a	$124,06 \pm 1,04$ b	$113,45 \pm 0,92$ c	$<0,0001$
Actividad antioxidante (DPPH)	$116,36 \pm 0,32$ b	$111,01 \pm 0,95$ b	$126,43 \pm 5,16$ a	0,0022

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p<0,05$).

Tabla 7. Evaluación sensorial mediante panel de jueces no entrenado

Parámetros	T1 $\bar{x}\pm D.E$	T2 $\bar{x}\pm D.E$	T3 $\bar{x}\pm D.E$	p-valor
Sabor	3,64 $\pm$ 1,19 a	4,07 $\pm$ 1,35 a	3,63 $\pm$ 1,35 b	0,0031
Olor	3,71 $\pm$ 1,07 b	4,23 $\pm$ 1,05 a	3,83 $\pm$ 1,20 b	0,0013
color	3,28 $\pm$ 1,25 a	3,56 $\pm$ 1,20 a	3,53 $\pm$ 1,19 a	0,2082
Textura	3,54 $\pm$ 1,25 b	3,97 $\pm$ 1,19 a	3,81 $\pm$ 1,21 ab	0,0405

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

siendo estadísticamente diferentes a los tratamientos T1 con $3,71 \pm 1,07$ y T3 con $3,83 \pm 1,20$.

Por su parte, al analizar el comportamiento del color no se reportó diferencias significativas ($p = 0,2082$), demostrándose una aceptación similar entre los tratamientos en estudio con promedios que oscilaron entre 3,28 y 3,56. En cuanto al análisis de la textura, se encontró diferencias significativas ($p = 0,0405$), donde el tratamiento T2 obtuvo la mejor puntuación con $3,97 \pm 1,19$, seguida del tratamiento T3 con $3,81 \pm 1,21$ y T1 $3,54 \pm 1,25$.

DISCUSIÓN

Como se observó en los resultados del estudio, se encontró una alta presencia de sólidos totales en la pulpa de arazá que deriva de la presencia de azúcares naturales en la pulpa, a pesar de que en investigaciones preliminares se encontró valores que oscilaron entre 2,50 a 5,00%¹¹. Por su parte, la evidencia de valores de pH indica una alta acidez natural del fruto, la cual es atribuible principalmente a compuestos como ácido cítrico y ascórbico, como lo documentado previamente por Acosta-Vega et al.¹² donde se documentó un pH en la pulpa de 2,40. En contraste con los valores de acidez, los resultados de¹³ documentan rangos de 0,672 y 0,409%, siendo superior al reportado en esta investigación.

En cuanto a la viscosidad la pulpa se encontró valores relativamente altos sobre este indicador que demuestra la presencia de una pulpa altamente concentrada, posiblemente debido a elevado contenido de pectinas y polisacáridos¹⁴. Por otra parte, como se observó en los resultados de la capacidad antioxidante de la pulpa muestra valores cercanos a los reportados por¹¹ quienes reportan valores de 1,18 $\mu\text{mol TE/g}$ de pulpa, en tanto que para el contenido de fenoles muestran valores de fenoles de 3,25 mg GAE/g en extracto etanólico.

Con relación a los valores del contenido de pH y acidez titulable se encontró una reducción significativa con los mayores niveles de pulpa de arazá, sin embargo, los valores de Elera et al.¹⁵, en yogures endulzados con panela son superiores a los reportados en esta investigación con promedios de 4,33 a 4,41, junto a un mayor contenido de acidez que dis-

minuyó con el aumento de los niveles de panela con valores de 0,97 a 0,95%. De acuerdo con Priyashantha et al.¹⁶ en la producción convencional de yogurt el pH alcanza un valor promedio de 4,20 y a aproximadamente 0,81–0,90 g de ácido láctico por 100 g de yogurt.

Los valores del turbidez y viscosidad fueron superiores en el tratamiento T2 con un nivel de inclusión de 10% de pulpa de arazá, lo que demuestra un producto con una textura muy densa que puede reducir la sinéresis y textura del producto final¹⁷. Resultados de Al-Bedrani et al.¹⁸, documentan valores de 7000 cP en la viscosidad de yogures naturales elaborados con leche de vaca, siendo este valor superior al reportado en esta investigación.

De la misma manera se observa que el tratamiento T2 alcanzó un mayor contenido de proteína y grasa, lo que contrasta con una mayor capacidad de retención de este tipo de compuestos que a su vez reduce la sinéresis y da lugar a una mejor textura en el producto final¹⁵. De acuerdo con los requisitos de la NTE INEN 2395¹⁹, el contenido mínimo de proteína es de 2,7%, el cual no se cumple en ninguno de los tratamientos, sin embargo, se muestra un valor más cercano con el tratamiento T2. Por su parte, el contenido de grasa se mantuvo dentro de los parámetros de la norma, donde se considera un mínimo de 2,5%.

El análisis del color demostró que el tratamiento T3 mantuvo valores superiores en la Luminosidad, la coordenada a^* y la coordenada b^* , los cuales muestran una tendencia a tonos verdes con amarillo más intenso al aumentar la concentración de la pulpa de arazá, la cual se caracteriza por la presencia de carotenoides como luteína, β -cryptoxanthin, zeinoxanthin presentes en pulpa y cáscara²⁰. Por su parte, Cichońska et al.²¹ efectuaron una evaluación del color mediante el espacio de color Cielab documentan valores de luminosidad de 69,81 a 70,49, en la coordenada a^* de 2,66 a 289 y sobre la coordenada b^* valores de 19,97 a 20,28.

La evaluación microbiológica de los tratamientos en estudio demostró la ausencia de *E. coli* y coliformes totales demostrando el cumplimiento de los requisitos de la NTE INEN 2395¹⁹. En cuanto a los requisitos de mohos y levaduras se encontró va-

lores dentro de los rangos máximos y mínimos descritos en la normativa, sin embargo, se debe considerar una reducción significativa al aumentar la concentración de la pulpa de arazá, la cual contiene metabolitos secundarios como fenoles, flavonoides y terpenoides que desempeñan actividades antifúngicas (Porto et al.²²).

Con relación a las bacterias ácido lácticas no se encontró diferencias significativas entre tratamientos, independientemente del nivel de inclusión de pulpa de arazá. En este sentido Dinatale et al.²³ destacan que la mayor parte de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, las cuales han demostrado inhibir el crecimiento de mohos y levaduras por medio de la producción de ácidos orgánicos y compuestos antifúngicos y reducir la presencia de sabores indeseables en el producto final, además de actuar como probióticos en la salud intestinal. La normativa INEN 2395¹⁹ destaca que en yogures el requisito mínimo de bacterias probióticas 10^6 UFC/g, sin embargo, los resultados del estudio son superiores.

El análisis del contenido fenólico del yogur de los yogures mostró una reducción significativa con el aumento de la concentración de la pulpa de arazá, sin embargo, los resultados del estudio se encuentran superiores a los reportados por Pădureț et al.²⁴ en diferentes muestras de yogur de leche de vaca con un promedio de 8,48 mg de GAE por 100g, destacando que el yogur es un medio viable para la entrega de compuestos fenólicos que derivan de frutas, ya que el bajo contenido de pH favorece la estabilidad en el producto final.

En este mismo sentido, los análisis de la capacidad antioxidante muestran un aumento proporcional en la actividad antioxidante, lo que pudo ser influenciado por la presencia de diferentes metabolitos secundarios de la pulpa de arazá como compuestos fenólicos y carotenoides de acuerdo con Acevedo-López et al.²⁵, los cuales han demostrado reducir estrés oxidativo dietario a través de los procesos de captación de los radicales libres, lo que además trae una mejora proporcional del perfil funcional del yogur, lo que contrasta con resultados expuestos por Minj y Vij²⁶, al utilizar materias primas diferentes muestran una mejora sobre la capacidad antioxidante la misma que osciló entre 68,336 $\mu\text{mol}/\text{TEAC}$ y 3972,04 $\mu\text{mol}/\text{L TEAC}$. Por su parte, resultados de Ünal et al.²⁷ exponen una capacidad antioxidante de 51,20 y 34,99 $\mu\text{mol TE}^{\vee}/\text{g}$, los cuales son inferiores a los resultados expuestos en esta investigación.

En este contexto, se debe destacar que a pesar de encontrarse la posibilidad de valores de azúcares añadidas que superen los rangos de consumo recomendados en la dieta diaria, se destaca un aporte importante de nutrientes adicionales en el producto final, además de la contribución en la mejora sobre la salud intestinal debido a la presencia de bacterias lácticas beneficiosas (Brito et al.²⁸).

Los análisis de la aceptación sensorial de muestran una mejor tendencia en la aceptación en el tratamiento T2, el cual se

caracteriza por una mayor viscosidad que contrasta con una textura más cremosa, que influyó favorablemente sobre la aceptación final, sin embargo, se observa que el tratamiento T1 mantuvo un comportamiento similar. Resultados expuestos por Gaibor et al.²⁹, describen puntuaciones de 4,00 a 5,50, los cuales están cercanos a los reportados en esta investigación, con relación a los atributos color, olor y sabor. Dentro de este contexto, los criterios de Carrasquero-Ferrer et al.³⁰, destacan que el aumento de los niveles de acidez influye sobre la percepción sensorial de los sabores del yogur, lo que se compagina con los resultados de este estudio donde a mayor concentración de pulpa de arazá redujo la acidez y consiguó una menor aceptación del sabor.

CONCLUSIONES

El estudio demostró que la incorporación de los tres niveles de pulpa de arazá endulzado con panela influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, funcionales y sensoriales del yogur. Entre los tratamientos evaluados, la utilización del 10 % de pulpa (T2) alcanzó una mayor aceptabilidad sensorial con relación a las variables sabor, olor y textura. De la misma manera, se obtuvo un mayor contenido de proteína, grasa, viscosidad y turbidez, además de valores aceptables de pH y acidez, sin embargo, se destaca que al efectuarse el consumo de este tipo de producto se debe restringir el consumo de otros azúcares añadidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de la investigación agradecen al Centro de Análisis Biológico y Agroalimentario (CABA) por la apertura en los Laboratorios para el desarrollo del presente trabajo investigativo.

REFERENCIAS

- Bermejo M, Aparicio A, Loria V, López M, Ortega R. Importancia de la nutrición en la defensa inmunitaria. Papel de la leche y sus componentes naturales. *Nutr Hosp.* 2021;38(SPE2):17–22. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.3791>
- Herrera L, La Torre S, Gómez Y, Vidal F. Frecuencia de consumo de lácteos y derivados e indicadores antropométricos en adultos de Lima-Perú. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2024;44(2). <https://doi.org/10.12873/442herrera>
- Martínez Ó, Iriando A, Gómez J, Castillo M. Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. *Empresa Nacional Mercasa.* 2021;(1):51–62. <https://digital.csic.es/handle/10261/253463>
- Flores R. Desafíos para la transformación de los sistemas productivos agrarios. *Ecuador Debate.* 2022;(115):173–85. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/18815>
- Carrizo A. Seguridad alimentaria en productos lácteos crudos en Panamá. *Rev Plus Econ.* 2024;12(1):74–86. <https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/699>

6. González R, Hernández J, Méndez N, Martínez N, López Á. ¿Cómo determinar si un yogurt tiene probióticos? *Scientific Journal Care & Tech.* 2024;2(2):39–51. <https://doi.org/10.69821/caretech.v2i2.18>
7. Ortega M, Jiménez AI, Loria V, Aparicio A, Lozano C, López M. El yogur como alimento fermentado de consumo diario saludable y sostenible. Recomendaciones a la población. *Nutr Hosp.* 2024;41(SPE3):31–6. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.05454>
8. Falconí J, Valdiviezo C, Ramírez L. Predicción del tiempo de liofilización del arazá (*Eugenia stipitata*) mediante modelos matemáticos. *Ecuadorian Science Journal.* 2021;5(4):89–97. <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.172>
9. Montes J, Franco C. El lado agrídulce de la panela: comprensiones del cambio tecnológico en una controversia mediática por una patente. *Signo y Pensamiento.* 2024;43. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp43.lapc>
10. Bastos L, Mogrovejo J, García N. La panela del Catatumbo, una alternativa agroindustrial con perfil internacional. *Rev Espacios.* 2020;41(25):159–70. <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/372>
11. Nóvoa Y, Valente I, Rosa N, Carneiro S, Meller L, Da Cruz A. Preparation and characterization of natural deep eutectic solvents (NADESs): Application in the extraction of phenolic compounds from araza pulp (*Eugenia stipitata*). *Foods.* 2024;13(13):1983. <https://doi.org/10.3390/foods13131983>
12. Acosta-Vega L, Moreno DA, Cuéllar Álvarez LN. Arazá: *Eugenia stipitata* Mc Vaught as a potential functional food. *Foods.* 2024;13(15):2310. <https://doi.org/10.3390/foods13152310>
13. Gómez J, Zuta V. Capacidad antioxidante y contenido de fenoles en una bebida de *Eugenia stipitata* edulcorado con Stevia. *Rev Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería.* 2022;5(1):29–35. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v4i3.805>
14. Trujillo-Candela D, Álvarez LNC, Sánchez-Garzón FS, Nerio LS. Improvement of Storage Stability of Lutein Contained in Arazá Pulp Through Microencapsulation Process. *Curr Res Nutr Food Sci J.* 2024;12(1):462–70. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.12.1.37>
15. Aponte D, Montes N, Chungam W. Whipped yogurt with organic panela and coffee: an innovation for the dairy industry. *Brazil J Food Technol.* 2025;28:e2024115. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11524>
16. Priyashantha H, Madushan R, Pelpolage SW, Wijesekara A, Jayarathna S. Incorporation of fruits or fruit pulp into yoghurts: recent developments, challenges, and opportunities. *Front Food Sci Technol.* 2025;5:1581877. <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1581877>
17. Arab M, Yousefi M, Khanniri E, Azari M, Ghasemzadeh-Mohammadi V, Mollakhalili-Meybodi N. A comprehensive review on yogurt syneresis: Effect of processing conditions and added additives. *J Food Sci Technol.* 2023;60(6):1656–66. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05403-6>
18. Al-Bedrani D, AlKaisy H, Rahi K. Evaluation of milk source on physicochemical, texture, rheological and sensory properties of yogurts. *J Appl Nat Sci.* 2023;15(1):128. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i1.4269>
19. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395. Leches fermentadas. Requisitos. Instituto Ecuatoriano De Normalización; 2011.
20. Garzón A, Narváez-Cuenca E, Kopec E, Barry M, Riedl K, Schwartz J. Determination of carotenoids, total phenolic content, and antioxidant activity of Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), an Amazonian fruit. *J Agric Food Chem.* 2012;60(18):4709–19. <https://doi.org/10.1021/jf205347f>
21. Cichońska P, Domian E, Ziarno M. Application of optical and rheological techniques in quality and storage assessment of the newly developed colloidal-suspension products: yogurt-type bean-based beverages. *Sensors.* 2022;22(21):8348. <https://doi.org/10.3390/s22218348>
22. Porto, C., Maia, L., Rodrigues, S., Fernandes, A., & Campelo, P. Influence of cold plasma processing on the stability of phenolic compounds of Araça-Boi (*Eugenia stipitata*) juice. *Processes.* 2023;12(1):73. <https://doi.org/10.3390/pr12010073>
23. Dinatale F, Maldonado E, Cardozo L, Insfran I. Recuento de mohos y levaduras en yogurt comercializado en los supermercados de la ciudad de Limpio, Paraguay. *Compendio Ci Vet.* 2023;13(1):12–16. <https://revistascientificas.una.py/index.php/comp/article/view/3876>
24. Pădureț S, Ghinea C, Prisacaru E, Leahu A. Physicochemical, textural, and antioxidant attributes of yogurts supplemented with black chokeberry: fruit, juice, and pomace. *Foods.* 2024;13(20):3231. <https://doi.org/10.3390/foods13203231>
25. Acevedo-López A, Morales-Rojas F, González-Correa H. Characterization of Phenolic Compounds in the Fruit *Eugenia stipitata* Mac Vaugh (Arazá)-a Systematic Review. 2023;1–11. <https://doi.org/10.20944/preprints202310.1024.v1>
26. Minj, J., & Vij, S. Determination of synbiotic mango fruit yogurt and its bioactive peptides for biofunctional properties. *Frontiers in Chemistry.* 2025;12:1470704. <https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1470704>
27. Ünal G, Özer E, Akdeniz V, Şen F, Tüzel Y. Microbiological, antioxidant, and sensory properties of probiotic yoghurt enriched with different strawberry varieties. *Mljekarstvo.* 2025;75(1):41–5. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2025.0104>
28. Britos, S., Katz, M., Flax-Marco, F., Torresani, E., y Vinderola, G. Impacto de la fermentación de la leche en las características microbiológicas, fisicoquímicas y nutricionales del yogur. *Actualización en Nutrición.* 2025;26(1):1-9. <https://doi.org/10.48061/SAN.2025.26.1.27>
29. Gaibor L, Vargas P, Carrasco Á, Cruz C, Alcívar C. Elaboración de yogurt vegano, a base de quinoa (*Chenopodium quinoa*) con diferentes concentraciones de edulcorantes y microorganismos. *Rev Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology.* 2024;4(2):22–32. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20242.993>
30. Carrasquero-Ferrer S, Castro CS, Parrales IC, Ortega AB. Aprendizaje experiencial de la fermentación láctica a través de la producción de yogur mediante el método semidirecto. *Rev Conrado.* 2025;21(105):e4518. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/4518>

Relación entre el estrés percibido, el síndrome de intestino irritable y las características de las deposiciones en estudiantes universitarios chilenos

Relationship between perceived stress, irritable bowel syndrome and stool characteristics in Chilean university students

Daniela MORALES CARREÑO¹, Daniela ARAYA VARAS¹, Sebastián MORALES RIOS¹, Macarena MASSONE BUSTAMANTE¹, Diego GALLEGU LOPEZ¹, Ignacio ASTUDILLO GANORA²

1 Escuela de Nutrición y Dietética. Facultad de Salud y Ciencias Sociales. Universidad de Las Américas. Santiago, Chile.

2 Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud y Ciencias Sociales. Universidad de Las Américas. Santiago, Chile.

Recibido: 8/julio/2025. Aceptado: 1/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: El estrés es una respuesta fisiológica y psicológica ante situaciones percibidas como desafiantes, y puede influir negativamente en la salud gastrointestinal. Diversos factores como la carga académica, una alimentación deficiente, y una mala higiene del sueño pueden contribuir al desarrollo de estrés crónico en estudiantes universitarios.

Objetivo: Analizar la relación entre el estrés percibido, el síndrome del colon irritable (SCI) y las características de las deposiciones en estudiantes universitarios chilenos.

Métodos: estudio transversal, se aplicó una encuesta a 125 estudiantes, estructurada en cuatro secciones: datos sociodemográficos y socioeconómicos, escala de estrés percibido (PSS-10), criterios Roma IV para diagnóstico de SCI, y forma y consistencia de las heces según la escala de Bristol.

Resultados: Se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en niveles de estrés, prevalencia de SCI y tipo de deposiciones. Las mujeres presentaron una mayor prevalencia de SCI. Estudios previos también han evidenciado altas tasas de ansiedad y estrés en población universitaria, asociadas al desarrollo de SCI.

Conclusiones: Existe una relación significativa entre el estrés percibido, el diagnóstico de SCI y las características de las deposiciones. Se requieren investigaciones adicionales para profundizar en los mecanismos fisiopatológicos que vinculan el estrés con el funcionamiento gastrointestinal.

PALABRAS CLAVES

Factores ambientales, salud juvenil, alimentación, nutrición, síntomas.

ABSTRACT

Introduction: Stress is a physiological and psychological response to perceived challenges and may negatively affect gastrointestinal health. Various factors such as academic overload, poor nutrition, and inadequate sleep hygiene contribute to chronic stress among university students.

Objective: To analyze the relationship between perceived stress, irritable bowel syndrome (IBS), and bowel movement characteristics in Chilean university students.

Methods: cross-sectional study, a survey was administered to 125 students, structured in four sections: sociodemographic and socioeconomic data, Perceived Stress Scale (PSS-10), Rome IV criteria for IBS diagnosis, and stool form and consistency using the Bristol Stool Scale.

Results: Significant differences were observed between males and females in stress levels, IBS prevalence, and stool characteristics. Women exhibited a higher prevalence

Correspondencia:
Ignacio Astudillo Ganora
iastudillo@udla.cl

of IBS. Previous studies also reported high rates of anxiety and stress in university populations associated with the development of IBS.

Conclusions: A significant relationship exists between perceived stress, IBS diagnosis, and stool characteristics. Further studies are needed to better understand the pathophysiological mechanisms linking stress to gastrointestinal function.

KEYWORDS

Environmental factors, youth health, diet, nutrition, symptoms.

INTRODUCCIÓN

El estrés es una consecuencia del estilo de vida y acciones diarias, cualquier persona puede padecerlo sin importar la edad, raza o condición económica. Es una respuesta fisiológica y psicológica del cuerpo frente a situaciones que se perciben como desafiantes o amenazantes para el bienestar de un individuo, se pueden clasificar en alto, medio o bajo y puede ser provocado por diversos factores como presiones laborales, académicas, problemas familiares, eventos traumáticos o incluso cambios positivos, el estrés desencadena una serie de reacciones en el organismo liberando cortisol y adrenalina^{1,2}. Aunque el estrés en sí mismo no es algo negativo, el estrés crónico o excesivo puede tener efectos adversos en la salud física y mental^{1,3}.

En el artículo de investigación titulado la "prevalencia de la depresión la ansiedad y el estrés y sus factores asociados a estudiantes universitarios" se estudió una población de estudiantes universitarios de la universidad San Jorge de zaragoza España, participaron un total de 1,074 estudiantes de pregrado de los cuales el 71% eran mujeres el 29% hombres. Se observó que el 23,6% de los participantes presentaban síntomas de ansiedad y el 34,5% tenían síntomas de estrés por encima del rango normal⁴.

El estrés ha sido frecuentemente asociado con ajustes neuroendocrinos, específicamente con la activación del eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal (HPA). En este proceso, las células neurosecretoras ubicadas en el núcleo paraventricular del hipotálamo (HPT) liberan hormona liberadora de corticotropina (CRH), la cual estimula la secreción de adrenocorticotropa (ACTH). La ACTH es liberada al torrente sanguíneo y se une a receptores específicos en la zona fasciculada de la corteza suprarrenal, estimulando la secreción de glucocorticoides adrenalina y cortisol siendo este último el más significativo en los seres humanos⁵.

El estrés se ha relacionado con el síndrome del colon irritable (SCI) este último es un trastorno gastrointestinal que afecta a una proporción significativa de la población mundial, estimada entre el 5% y el 15%. Se considera una enfermedad gastrointestinal funcional⁶ con presencia de dolor abdo-

minal recurrente, asociadas a la alteración de las deposiciones, ya sea diarrea, estreñimientos o ambas. Además, la hinchazón y la distensión abdominal son frecuentes, el diagnóstico se debe respaldar con los criterios de ROMA IV, siendo el estreñimiento la alteración predominante, para clasificar la alteración de las deposiciones se utiliza la escala de Bristol⁷, herramienta bastante rápida que se utiliza para clasificar las formas de las heces humanas en siete categorías, desde heces duras hasta líquidas con el objetivo de ayudar a identificar problemas de la salud gastrointestinal⁸.

En el marco de una investigación titulada "Síndrome de Intestino Irritable en estudiantes de medicina"⁹, se reveló que un porcentaje considerable de la población estudiantil, concretamente un 45.6%, reportó experimentar niveles significativos de ansiedad y un 28.7% indicó experimentar estrés. De este grupo, se encontró que un 24.7% mostró un diagnóstico de Síndrome de Intestino Irritable. Este hallazgo sugiere la posibilidad de que la ansiedad y el estrés, en particular, puedan ejercer un efecto causal en la aparición de síntomas clínicos observables y cuantificables en este contexto específico^{9,10}.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es un diseño observacional transversal, compuesto por una muestra de n=125 encuestados entre los 18 a 37 años que estudian en la educación superior. El muestreo fue de tipo no probabilístico por bola de nieve. Se incluirán en el estudio participantes de ambos sexos que otorguen su consentimiento informado. Los criterios de exclusión comprenden: estudiantes con diagnóstico de enfermedades gastrointestinales graves, tales como enfermedad inflamatoria intestinal o cáncer colorrectal; estudiantes que se encuentren bajo tratamiento activo para el síndrome de colon irritable (SCI) con modificadores de la motilidad intestinal o antiespasmódicos (como hioscina butilbromuro, mebeverina, pinaverio, alverina, trimebutina, atropina, homatropina, propantelina, papaverina, drotaverina), así como aquellos que consuman medicamentos capaces de alterar las características de las deposiciones (por ejemplo, calcio, hierro, antibióticos, antiácidos, loperamida, metformina, probióticos o prebióticos). También se excluirán estudiantes con antecedentes de depresión, trastorno bipolar, otros trastornos del estado de ánimo, trastornos de la conducta alimentaria, trastornos de la personalidad o trastorno de estrés postraumático (TEPT), debido a la posible interferencia de estas condiciones en la percepción del estrés o en la manifestación clínica del SCI.

Se aplicó una encuesta en línea estructurada en cuatro secciones: caracterización socioeconómica y demográfica, escala de estrés percibido, diagnóstico de síndrome de colon irritable y caracterización de las deposiciones. La duración estimada para completar la encuesta fue de aproximadamente 15 minutos. La captación de participantes se realizó mediante la di-

fusión de un flyer a través de redes sociales (WhatsApp e Instagram), así como de forma presencial mediante un código QR ubicado en el hall de cada centro de estudio.

Procedimiento de recolección de datos

Se utilizó una encuesta estructurada en cuatro secciones (caracterización socioeconómica y demográfica, escala de estrés percibido, diagnóstico de síndrome de colon irritable y caracterización de las deposiciones), la cual fue aplicada de manera autoadministrada tanto en formato online como presencial. Para la validación del instrumento en esta población, se realizó previamente un estudio piloto. La distribución de la encuesta online se efectuó mediante un afiche compartido en redes sociales (WhatsApp e Instagram), y presencialmente a través de un código QR ubicado en el hall de cada centro de estudio. Se implementaron mecanismos de control para evitar respuestas duplicadas, como la restricción de una única respuesta por dispositivo.

Análisis estadístico

Las variables categóricas fueron descritas mediante frecuencias absolutas y porcentajes. Para evaluar la asociación entre las variables de interés —características de las deposiciones, presencia de síndrome de colon irritable (SCI) y niveles de estrés percibido— se utilizaron pruebas de Chi-cuadrado o, en su defecto, la prueba exacta de Fisher. Además, se consideró un análisis multivariante para controlar posibles variables confundentes. Previamente al análisis, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad cuando fue pertinente. Se adoptó un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%. Los análisis fueron realizados mediante el software estadístico SPSS versión 27.

Aspectos éticos

Los participantes otorgaron su consentimiento informado de forma voluntaria, y los datos fueron recolectados de manera anónima, garantizando su confidencialidad. Este estudio fue aprobado por el equipo de seminario de grado de la Escuela de Nutrición de la Universidad de Las Américas (seminario de grado 2024). La investigación se desarrolló conforme a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki.

RESULTADOS

La muestra estuvo compuesta por 125 estudiantes de educación superior, con un predominio del sexo femenino (68%). La distribución por grupos de edad mostró una mayor representación en el grupo de 18 a 25 años (77%). En cuanto al tipo de carrera, el 55,2% pertenecía al área de la salud.

Respecto al nivel de estrés percibido según la escala PSS-10, el 39,2% presentó niveles moderados, mientras que el 22,4%

reportó niveles altos. Se observó que las mujeres tendieron a reportar niveles más elevados de estrés en comparación con los hombres ($p<0,05$).

En relación con el diagnóstico del síndrome del intestino irritable (SII), un 38,4% de los participantes cumplió con los criterios de Roma IV. La prevalencia de SII fue mayor en mujeres (52,9%) frente a los hombres (30%), con una diferencia estadísticamente significativa ($p<0,05$).

Al analizar la frecuencia de deposiciones, se encontró que el 49,6% de los participantes defecaba una vez al día, seguido de un 24% que lo hacía cada 2–3 días. En cuanto a la forma de las heces, el tipo 3 de la escala de Bristol fue el más común (36,8%), seguido del tipo 4 (20,8%).

Se identificaron asociaciones significativas entre el nivel de estrés y las alteraciones en la frecuencia y forma de las deposiciones. Los participantes con niveles altos de estrés presentaban con mayor frecuencia heces tipo 1 y 2, indicativas de estreñimiento.

Finalmente, el análisis bivariado reveló una asociación significativa entre el nivel de estrés percibido y el diagnóstico de SII, así como entre el sexo y la presencia de síntomas intestinales funcionales.

DISCUSIÓN

La cantidad de encuestados se distribuye principalmente en mujeres (68,0%) esto se puede deber a que existe una tendencia en las mujeres en contestar encuestas y más aún relacionadas con aspectos de la salud y lo consideran importante como lo describió Álvarez. J (2020)¹¹, además los encuestados son principalmente de las carreras de la salud. La edad está entre los 18 a 25 años, siendo característica de los estudiantes de la educación superior.

FONASA es el sistema de salud mayoritario entre los encuestados. Según la encuesta CASEN 2022¹², el 78,9% de la población está afiliada a FONASA, en comparación con las ISAPRES, que concentran un 32,3% de los afiliados, principalmente personas de entre 30 y 44 años, un grupo asociado a mayor actividad laboral y mejor estado de salud¹².

Respecto al nivel de estrés, los resultados indican que los hombres experimentan niveles más bajos de estrés en comparación con las mujeres, especialmente en el nivel elevado, donde las mujeres alcanzan un porcentaje mayor (24,7%). Aunque las proporciones en el nivel leve son similares entre ambos sexos, las mujeres muestran una mayor prevalencia en los niveles altos de estrés. Esto puede estar relacionado con la activación de diferentes áreas del cerebro durante el estrés: mientras que las mujeres tienden a activar el sistema límbico, asociado con las emociones y la conexión emocional, los hombres utilizan el córtex prefrontal, encargado de la lógica, el análisis y la toma de decisiones racionales, tal como lo describe Duval, F. y cols. (2010)¹³. Estas diferencias su-

Tabla 1. Características sociodemográficas y económicas de estudiantes universitarios chilenos (n=125)

Variable	n	%	Variable	n	%
Sexo: Mujer	85	68.0	Trabajo: No	78	62.4
Sexo: Hombre	40	32.0	Sistema de salud: Fonasa	104	83.4
Edad (años): 18 a 21	50	40.0	Sistema de salud: Isapres	21	16.8
Edad (años): 22 a 25	47	37.6	Tramo Fonasa: Isapre	21	16.8
Edad (años): 26 a 29	17	13.6	Tramo Fonasa: Tramo A	18	14.4
Edad (años): 30 a 34	9	7.2	Tramo Fonasa: Tramo B	44	35.2
Edad (años): 35 a 37	2	1.6	Tramo Fonasa: Tramo C	30	24.0
Carrera: Salud	69	55.2	Tramo Fonasa: Tramo D	12	9.6
Carrera: Sociales	21	16.8	Personas en hogar: 1	5	4.0
Carrera: Diseño	10	8.0	Personas en hogar: 2	25	20.0
Carrera: Pedagogías	6	4.8	Personas en hogar: 3	36	28.8
Carrera: Ingenierías	19	15.2	Personas en hogar: 4	27	21.6
Ingreso: Más de \$3.800.000	4	3.2	Personas en hogar: 5	21	16.8
Ingreso: \$1.700.000 - \$3.799.999	16	12.8	Personas en hogar: 6	7	5.6
Ingreso: \$850.000 - \$1.699.999	44	35.2	Personas en hogar: 7	3	2.4
Ingreso: \$400.000 - \$849.999	46	36.8	Personas en hogar: 9	1	0.8
Ingreso: Menos de \$400.000	15	12.0	Estrés: Sí	107	85.6
Trabajo: Sí, tiempo completo	9	7.2	Estrés: No	18	14.4
Trabajo: Sí, tiempo parcial	38	30.4			

Tabla 2. Distribución del nivel de estrés según sexo (escala PSS-10)

Nivel de Estrés	Mujer n	Mujer %	Hombre n	Hombre %
Bajo	30	35.2	15	37.5
Moderado	34	40.0	20	50.0
Elevado	21	24.7	5	12.5

Tabla 3. Diagnóstico de síndrome de colon irritable según sexo (criterios Roma IV)

Diagnóstico de SCI	Mujer n	Mujer %	Hombre n	Hombre %	p-value
Con SCI	45	52.9	12	30.0	0.016 *
Sin SCI	40	47.0	28	70.0	

SCI: Síndrome de colon irritable. Análisis mediante Chi cuadrado. Significativo $p < 0,05$.

Tabla 4. Frecuencia y características de las deposiciones según sexo

Categoría	Mujer n	Mujer %	Hombre n	Hombre %	p-value
Frecuencia de deposiciones					
Varias veces al día	13.0	15.2	11.0	27.5	
Una vez al día	44.0	51.7	18.0	45.0	
Cada 2-3 días	23.0	27.0	7.0	17.5	
Menos de 3 veces a la semana	5.0	5.8	4.0	10.0	
Características de las deposiciones (Escala de Bristol)					
Tipo 1 (nueces)	5.0	5.8	0.0	0.0	0.045 *
Tipo 2 (compuestas de fragmentos)	13.0	15.2	11.0	27.5	
Tipo 3 Grietas	33.0	38.8	13.0	32.5	
Tipo 4 Forma de salchicha	22.0	25.8	5.0	12.5	
Tipo 5 Pastosas	6.0	7.0	5.0	12.5	
Tipo 6 Blandas	6.0	7.0	6.0	15.0	

Análisis mediante Chi cuadrado. Significativo $p < 0,05$.

gieren una variación en la percepción y manejo del estrés entre ambos sexos.

Los resultados muestran que el 52,9% de las mujeres presentan diagnóstico de síndrome del colon irritable (SCI), mientras que el 70% de los hombres no presentan esta condición. Estos hallazgos contrastan con la evidencia científica, que indica una mayor prevalencia de SCI en mujeres, con una relación de 3:1 respecto a los hombres, como lo describen Díaz. S. y Cols. (2010)¹⁴.

En el caso de la frecuencia de deposiciones se muestra que los hombres principalmente van 1 vez al día en comparación de las mujeres, siendo variada la frecuencia de evacuación alcanzando a tener un mayor porcentaje (27,0%) cada 2-3 días, esto se puede deber a un tránsito intestinal más lento en mujeres, y un tránsito más rápido en hombres. La sensación de evacuación incompleta es más prevalente en mujeres, lo que podría atribuirse a diversos factores. Uno de los principales es la influencia de las hormonas sexuales, tal como lo describen Werth, B.L. y Cols (2021)¹⁵.

Los resultados evidencian diferencias significativas entre hombres y mujeres según la Escala de Bristol. En las mujeres, los tipos 3 y 4, correspondientes a rangos de normalidad, predominan con porcentajes de 38,8 % y 25,8 %, respectivamente, en comparación de los hombres difiere siendo variada destacando el tipo 2 con un 27,5%. Estas diferencias podrían estar relacionadas con factores fisiológicos

como: el peristaltismo, hipoestesia rectal, disinergia defecatoria. Además, factores como la dieta, ingesta de fibra, hidratación y actividad física podrían influir, tal como lo describe Rey. E (2006)¹⁶.

CONCLUSIÓN

Podemos concluir que se encontró que las personas que tienen diagnóstico del síndrome del colon irritable tienen relación con el estrés y las características de las deposiciones, aun así, se requiere una mayor cantidad de estudios para analizar los factores que conducen al Síndrome de colon irritable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jerez-Mendoza M, Oyarzo-Barría C. Estrés académico en estudiantes del Departamento de Salud de la Universidad de Los Lagos Osorno. Revista chilena de neuro-psiquiatría. 2015;53(3): 149-57.
2. Ávila J. El estrés un problema de salud del mundo actual. Revista conciencia. 2014;2(1):117-25.
3. Rosas-González G, Ordaz-Zurita FR, Jiménez-Cortes EG. Estrés Académico en estudiantes de la Licenciatura en Enfermería de la Universidad de la Sierra Sur y su asociación con el Síndrome de Intestino Irritable. Salud y Administración. 2017;4(10):17-24.
4. Ramón-Arbués E, Gea-Caballero V, Granada-López JM, Juárez-Vela R, Pellicer-García B, Antón-Solanas I. The prevalence of depression, anxiety and stress and their associated factors in co-

- llege students. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(19):7001.
5. Martino P. Un análisis de las estrechas relaciones entre el estrés y la depresión desde la perspectiva psiconeuroendocrinológica. El rol central del cortisol. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*. 2014;8(1):60-75.
 6. Coronado ER. Proyecto educativo en el uso de una plataforma virtual específica para pacientes diagnosticados de síndrome del colon irritable Universidad Pontificia Comillas Madrid; 2018.
 7. Mínguez Pérez M, Benages Martínez A. Escala de Bristol:¿ un sistema útil para valorar la forma de las heces? *Revista Española de Enfermedades Digestivas*. 2009;101(5):305-11.
 8. Mearin F, Ciriza C, Mínguez M, Rey E, Mascort JJ, Peña E, et al. Clinical practice guideline: irritable bowel syndrome with constipation and functional constipation in the adult. *Rev Esp Enferm Dig*. 2016;108(6):332-63.
 9. Bautista Cerecedo R, Ortiz Espinosa RM, Muñoz Juárez S. Síndrome de intestino irritable en estudiantes de medicina. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*. 2011;54(3):4-11.
 10. Borine R, Wanderley K, Bassit D. Relação entre a qualidade de vida e o estresse em acadêmicos da área da saúde. *Estud. Interdiscip. Psicol*. 2015; 6 (1): 100-118.
 11. Álvarez-Díaz JA. La necesaria perspectiva de género para el análisis de problemas de salud. *Cirugía y cirujanos*. 2020;88(3):383-8.
 12. Ministerio de Desarrollo social y familia gdC. ACCESO A SALUD EN LA POBLACIÓN CHILENA. 2024.
 13. Duval F, González F, Rabia H. Neurobiología del estrés. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*. 2010;48(4):307-18.
 14. Díaz Cárdenas S, Díaz Caballero A, Arrieta Vergara KM. Factores psicosociales, sociodemográficos, culturales y familiares asociados a Síndrome de Intestino Irritable. *Revista Clínica de Medicina de Familia*. 2010;3(2):78-82.
 15. Werth BL, Christopher S-A. Potential risk factors for constipation in the community. *World Journal of Gastroenterology*. 2021; 27(21):2795.
 16. Rey E. Estreñimiento. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*. 2006;98(4):308.

CARACTERÍSTICAS

Es la publicación científica oficial de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA). La Revista publica trabajos en español, portugués e inglés sobre temas del ámbito de la alimentación, la nutrición y la dietética. Exclusivamente se aceptan originales que no hayan sido publicados, ni estén siendo evaluados para su publicación, en cualquier otra revista sin importar el idioma de la misma.

MODALIDADES DE PUBLICACIÓN

Se admitirán originales que puedan adscribirse a las siguientes modalidades y tipos:

- **Artículos originales.** Descripción completa de una investigación básica o clínica que proporcione información suficiente para permitir una valoración crítica y rigurosa. La extensión máxima será de 12 páginas conteniendo un máximo de 6 tablas y 6 figuras.
- **Colaboraciones cortas.** Se tratará de artículos originales de menor entidad cuya extensión no supere las 6 páginas, 3 tablas y 3 figuras.
- **Revisiones.** Serán revisiones de publicaciones anteriores relacionadas con un tema de interés que contengan un análisis crítico que permita obtener conclusiones. Las revisiones normalmente serán solicitadas directamente por los Editores a sus autores y el texto tendrá que tener una extensión máxima de 12 páginas, 6 tablas y 10 figuras.
- **Cartas a la revista:** relacionadas con artículos aparecidos en la publicación. Su extensión máxima será de 2 páginas.
- **Otros.** Adicionalmente, se admitirán para su publicación noticias, informes, conferencias, cursos, convocatorias de reuniones y congresos así como de premios y becas. La extensión y forma de presentación de los textos recibidos para este apartado estarán sujetos sin notificación previa a las modificaciones que el Comité Editorial estime convenientes.

ELABORACIÓN DE ORIGINALES

La preparación del manuscrito original deberá de hacerse de acuerdo las Normas y Requisitos de Uniformidad del Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas (versión oficial en inglés accesible en la dirección electrónica: <http://www.icmje.org>). Para la traducción en español puede revisarse el enlace URL: <http://www.metodo.uab.es/enlaces.htm>).

En la web de la revista (<http://www.nutricion.org>) están disponibles las presentes **Normas de publicación**. Para la correcta recepción de los originales deberá incluirse siempre:

1. Carta de presentación

Deberá hacer constar en la misma:

- Tipo de artículo que se remite.
- Declaración de que es un texto original y no se encuentra en proceso de evaluación por otra revista.
- Cualquier tipo de conflicto de intereses o la existencia de implicaciones económicas.
- La cesión a la Revista de los derechos exclusivos para editar, publicar, reproducir, distribuir copias, preparar trabajos derivados en papel, electrónicos o multimedia e incluir el artículo en índices nacionales e internacionales o bases de datos.
- Los trabajos con más de un autor deben ser leídos y aprobados por todos los firmantes.
- Los autores deben declarar como propias las figuras, dibujos, gráficos, ilustraciones o fotografías incorporadas en el texto. En caso contrario, deberán obtener y aportar autorización previa para su publicación y, en todo caso, siempre que se pueda identificar a personas.
- Datos de contacto del autor principal: nombre completo, dirección postal y electrónica, teléfono e institución.
- Si se tratase de estudios realizados en seres humanos, debe enunciarse el cumplimiento de las normas éticas del Comité de Investigación o de Ensayos Clínicos correspondiente y de la Declaración de Helsinki vigente, disponible en español en la URL: <http://www.metodo.uab.es/enlaces.htm>

2. Título

Se indicarán, en página independiente y en este orden, los siguientes datos:

- Título del artículo en español o portugués y en inglés.
- Apellidos y nombre de todos los autores, separados entre sí por coma. Se aconseja que figure un máximo de ocho autores. Mediante números arábigos, en superíndice, se relacionará a cada autor, si procede, con el nombre de la institución a la que pertenecen.
- Dirección de correo-e que desean hacer constar como contacto en la publicación.

3. Resumen

Deberá ser comprensible por sí mismo sin contener citas bibliográficas. Será redactado obligatoriamente en los siguientes idiomas: a) español ó portugués y b) inglés, respetando en todo caso la estructura del trabajo remitido con un máximo de 250 palabras:

- Introducción
- Objetivos
- Métodos
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones

4. Palabras clave

Debe incluirse al final de resumen un máximo de 5 palabras clave que coincidirán con los Descriptores del Medical Subjects Headings (MeSH) accesible en la URL siguiente:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh>

5. Abreviaturas

Se incluirá un listado de las abreviaturas presentes en el trabajo con su correspondiente explicación.

6. Texto

De acuerdo a la estructura siguiente:

- Introducción
- Objetivos
- Métodos
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Bibliografía

Es necesario especificar, en la metodología, el diseño, la población estudiada, los sistemas estadísticos y cualesquiera otros datos necesarios para la comprensión perfecta del trabajo.

7. Agradecimientos

En esta sección se deben citar las ayudas materiales y económicas, de todo tipo, recibidas señalando la entidad o empresa que las facilitó. Estas menciones deben de ser conocidas y aceptadas para su inclusión en estos "agradecimientos".

8. Bibliografía

Tienen que cumplir los Requisitos de Uniformidad del Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas, como se ha indicado anteriormente.

Las referencias bibliográficas se ordenarán y numerarán por orden de aparición en el texto, identificándose mediante números arábigos en superíndice. Para citar las revistas médicas se utilizarán las abreviaturas incluidas en el Journals Database, disponible en la URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=journals>

9. Figuras y fotografías

Deben elaborarse teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

Se realizarán utilizando programas informáticos adecuados que garanticen una buena reproducción (300 píxeles de resolución por pulgada) en formato BMP, TIF ó JPG. No se admiten ficheros de Power-point ni similares. Los gráficos y las figuras podrán ser enviados preferiblemente en color o, en su defecto, en blanco y negro o en tonos de grises.

ENVÍO DE ORIGINALES

Los trabajos se remitirán por vía electrónica utilizando exclusivamente el formulario disponible en la web de la revista: **www.revista.nutricion.org**

EVALUACIÓN DE ORIGINALES

Los trabajos remitidos para publicación serán evaluados mediante el método de la **dobles revisión por pares**. El autor principal podrá proponer revisores que no estén vinculados al original remitido.

nutrición clínica

y

Dietética Hospitalaria