

ALIMENTACIÓN y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA
CUCBA – U de G

CUERPO ACADÉMICO
UDG-CA-977-SALUD, NUTRICIÓN Y EDUCACIÓN



AÑO 6, N° 6
ENERO-DICIEMBRE 2025





Alimentación y
Ciencia de los Alimentos
Año 6, N° 6,
enero-diciembre 2025

DIRECTORIO
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Mtra. Karla Alejandrina Planter Pérez
Rectora General

Dr. Héctor Raúl Solís Gadea
Vicerrector Ejecutivo

Mtro. César Antonio Barba Delgadillo
Secretario General

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS**

Dra. Graciela Gudiño Cabrera
Rectora de Centro

Dr. César Guillermo Ruvalcaba Gómez
Secretario Académico

Dr. Carlos Gauna Ruiz de León
Secretario Administrativo

Dr. Miguel Ángel Ayala Valdovios
Director de la División de Ciencias Veterinarias

Dr. Salvador Hernández Macías
Jefe del Departamento de Salud Pública

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Carlos Alberto Campos Bravo
Editor Responsable

MAS. Alfonsina Núñez Hernández
Dr. Salvador Hernández Macías
Dr. William David Rodríguez
MNH. Zoila Gómez Cruz

Mtra. Bárbara Barbaro
Revisor de textos en inglés

LCA Cuauhtémoc Pacheco Jiménez
Asistente de edición

CUERPO ACADÉMICO
UDG-CA977-SALUD, NUTRICIÓN Y EDUCACIÓN

Impreso y hecho en México / *Printed and made in Mexico*

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 6, Número 6, Enero-Diciembre de 2025, es una publicación anual, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Departamento de Salud Pública, por División de Ciencias Veterinarias, del CUCBA. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez N° 2100. C.P. 45200. Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, Tel. 3337771151, Ext. 33194, <http://alimentacionycienciadelosalimentos.cucba.udg.mx/index.php/RAYCA/index>, revista.ayca@cucba.udg.mx. Editor Responsable: Carlos Alberto Campos Bravo. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2021-052719522700-102, ISSN: 3061-7499, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Departamento de Salud Pública, CUCBA. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez N° 2100. CP 45200, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, Comité Editorial, Carlos Alberto Campos Bravo. Fecha de la última modificación: 18 de diciembre de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

Presentación	2
Editorial	3
Propiedades funcionales, aprovechamiento industrial y potenciales usos de la zarzamora (<i>Rubus spp.</i>) sobre la salud humana Angélica Villarruel-López; Yair Adonái Sánchez-Nuño, Eleonor Estefany Herrejón-Vázquez; Eduardo Eliezer Flores-García y César Orozco-Enríquez	4
Artículo de Revisión	
Moléculas provenientes de alimentos con posibilidad de uso en el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos para el adulto mayor: una revisión narrativa Yair Adonái Sánchez-Nuño; Angélica Villarruel-López	22
Artículo de Revisión	
Desarrollo de harina de maíz (<i>Zea mays L.</i>) variedad Tizate -Estandarización del proceso, viabilidad técnica y económica- Mariana Luz Guzmán-Cruz; Ever Alexis Martínez-Aguilar; Ana Cecilia Segreda- Rodríguez	43
Artículo Técnico-Científico	
Calidad sensorial de cortes de carne bovina provenientes del Urabá Antioqueño bajo análisis descriptivo cuantitativo Sandra Ivonne Pérez-Sierra; Alejandra Agudelo-Martínez; Natalia Zuluaga-Arroyave; Diego Alonso Restrepo-Molina; Santiago Gómez-Velásquez; Katerinne Quiroz-Osorio	55
Artículo Técnico-Científico	
Formulación de una bebida láctea con guanábana como estrategia nutricional para mejorar la ingesta de zinc y calcio en adultos jóvenes colombianos Luisa María Atehortúa-Orozco; Samuel Cadavid Arenas; Juan Andrés Duque-Montoya; Luisa Fernanda Vásquez-Escudero	69
Artículo Técnico-Científico	
Optimización del proceso de encapsulación asistido por electro-pulverización de una mezcla de uchuva y gulupa en hidrogeles de alginato Ana María Naranjo-Durán; Valeria Ángel-Cardona; Julián Quintero-Quiroz; Gelmy Luz Ciro-Gómez	79
Artículo Técnico-Científico	
Propiedades funcionales de una infusión de gulupa (<i>Pasiflora edulis sims</i>), uchuva (<i>Physalis peruviana</i>), jengibre (<i>Zingiber officinale</i>) y yacón (<i>Polymnia sonchifolia</i>): revisión narrativa Laura Cardona-Santana; Juan Fernando Córdoba-Fernández; María Alejandra Agudelo-Martínez	90
Artículo de Revisión	
Desarrollo de un queso fresco hilado descremado, con controlado contenido de sodio, una propuesta de snack saludable Alejandra Valencia-Naranjo; Simón Jaramillo-Caro; Valentina González-Monsalve	101
Artículo Técnico-Científico	

PRESENTACIÓN

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 6, N° 6 enero-diciembre 2025

*La revista académica de difusión **Alimentación y Ciencia de los Alimentos** es una publicación arbitrada, con periodicidad anual, sin fines de lucro y sin costo alguno para autores.*

Alimentación y Ciencia de los Alimentos solo considera artículos técnico-científicos y artículos de revisión de literatura. No acepta documentos de hipótesis, comentarios, piezas de opinión, estudios de casos, informes de casos, etc.

Los temas abordados incluyen, pero no se limitan a: Estudios descriptivos, Administración, Mercadotecnia, Gestión de Calidad e Inocuidad, Procesos Tecnológicos, Gastronomía, Nutrición, Antropología de la alimentación y Desarrollo de Nuevos Productos.

Comité Editorial

Estimados lectores:

Uno de los principales retos en la industria alimentaria mundial es la reducción del desperdicio alimentario, ya sea por su deterioro o porque es desechado aun siendo útil. Se estima que un tercio de los alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia, lo que no solo contribuye a agravar la inseguridad alimentaria, sino que también conlleva un impacto ambiental negativo.

El desperdicio ocurre en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo. Ya existen diversas estrategias para reducir el desperdicio y contribuir a mejorar la seguridad alimentaria, algunas de ellas, son:

1. **Optimización de la cadena de suministro:** El uso de inteligencia artificial y análisis de datos permite prever la demanda y reducir el exceso de producción y almacenamiento, haciendo más eficiente la comercialización de los productos alimenticios.
2. **Tecnologías de conservación:** Métodos innovadores para prolongar la vida útil de los alimentos sin aditivos artificiales, como el envasado inteligente, la biotecnología y la nanotecnología ayudan a prolongar la vida útil de los alimentos y prevenir la contaminación.
3. **Aprovechamiento de subproductos:** La revalorización de restos de alimentos o el uso de subproductos en nuevas formulaciones para poblaciones vulnerables, biocombustibles o alimentación animal reduce significativamente los desechos.
4. **Concienciación y educación:** Campañas para consumidores y empresas fomentan mejores prácticas en el manejo y aprovechamiento de los alimentos.
5. **Políticas y regulaciones:** Gobiernos y organismos internacionales están impulsando normativas para mejorar la trazabilidad, reducir el desperdicio y fomentar la donación de alimentos aptos para el consumo.

Y aquí surge la pregunta ¿estamos preparados en el ámbito de nuestra competencia para reducir el desperdicio de alimentos?

Todo esto requiere un esfuerzo conjunto de productores, distribuidores, gobiernos, consumidores e investigadores. La innovación tecnológica y la conciencia global son clave para enfrentar este problema y avanzar hacia un sistema alimentario más sostenible y eficiente.

Dr. Carlos Alberto Campos Bravo
Editor Responsable

Propiedades funcionales, aprovechamiento industrial y potenciales usos de la zarzamora (*Rubus* spp.) sobre la salud humana

Functional properties, industrial use and potential uses of blackberries (*Rubus* spp.) on human health

Angélica Villarruel-López¹; Yaír Adonaí Sánchez-Nuño^{2*}, Eleonor Estefany Herrejón-Vázquez³; Eduardo Eliezer Flores-García⁴ y César Orozco-Enríquez⁵

1 Laboratorio de Microbiología Sanitaria, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara. Av. Marcelino García Barragán No. 1451, 44430. Guadalajara, Jalisco, México.

2 Departamento de Bienestar y Desarrollo Sustentable, Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara, Carretera Federal No. 23, Km. 191, C.P. 46200, Colotlán, Jalisco, México.

3 Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Morelia, Tecnológico Nacional de México. Av. Tecnológico No. 1500, C.P. 58120, Morelia, Michoacán de Ocampo, México.

4 Academia de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Uruapan, Tecnológico Nacional de México. Carretera Uruapan-Carapan No. 5555, C.P. 60015, Uruapan del Progreso, Michoacán de Ocampo, México.

5 Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de La Piedad, Tecnológico Nacional de México. Av. Tecnológico No. 2000, C.P. 59370, La Piedad, Michoacán de Ocampo, México. *Correo-e: yair.sanchez@academicos.udg.mx

Recibido: 31/enero/2025 Aceptado: 22/marzo/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v0i0.106>

ID 1er. Autor: Angélica Villarruel-López / ORCID: 0000-0003-3458-1221

ID 1er. Coautor: Yaír Adonaí Sánchez-Nuño / ORCID: 0000-0003-3609-5243

ID 2do. Coautor: Eleonor Estefany Herrejón Vázquez / ORCID: 0009-0000-3408-399X

ID 3er. Coautor: Eduardo Eliezer Flores García / ORCID: 0009-0001-8077-6284

Resumen

El género *Rubus* incluye plantas de la familia de las rosáceas, como zarzamoras y frambuesas, conocidas por sus compuestos bioactivos antioxidantes con efectos positivos en la salud humana. Este trabajo describe la composición nutrimental y los compuestos bioactivos antioxidantes del género *Rubus*, así como sus beneficios para la salud y posibles usos industriales para aprovechar desperdicios. La revisión destaca las actividades biológicas de *Rubus* en la prevención de comorbilidades prevalentes como enfermedades metabólicas, cardiovasculares, cáncer, trastornos inmunitarios, dislipidemias, diabetes e hipertensión. Debido a esto, se recopilan documentos científicos que demuestran los usos potenciales de *Rubus* y sus compuestos en la salud humana y la industria alimentaria, reduciendo desperdicios y obteniendo beneficios de sus componentes. Se menciona la necesidad de más estudios clínicos para comprender completamente la eficacia de las intervenciones dietéticas y farmacológicas con *Rubus* y sus compuestos bioactivos, así como su dosificación.

Palabras clave: *Rubus*, antioxidantes, fitoquímicos, sostenibilidad, aprovechamiento industrial.

Abstract

The *Rubus* genus includes plants from the *Rosaceae* family, such as blackberries and raspberries, known for their antioxidant bioactive compounds with positive effects on human health. This work describes the nutritional composition and antioxidant bioactive compounds of the *Rubus* genus, as well as its health benefits and possible industrial uses to take advantage of waste. The review highlights the biological activities of *Rubus* in the prevention of prevalent comorbidities such as metabolic diseases, cardiovascular diseases, cancer, immune disorders, dyslipidemias, diabetes and hypertension. Scientific documents are compiled and demonstrate the potential uses of *Rubus* and its compounds in human health and the food industry, reducing waste and obtaining benefits from its components. The need for more clinical studies is mentioned to fully understand the effectiveness of dietary and pharmacological interventions with *Rubus* and its bioactive compounds, as well as their dosage.

Keywords: *Rubus*, antioxidants, phytochemicals, sustainability, industrial use.

Introducción

En la dieta diaria es posible encontrar diferentes tipos de alimentos, los cuales ofrecen un aporte nutrimental específico, muchas veces no es el adecuado pero aun así lo consumimos ya sea por accesibilidad, preferencia, desconocimiento, entre otros factores, debido a esto se ha iniciado un cambio en muchos productos que podemos encontrar para que además de aportarnos los característicos nutrimentos del alimento también contengan sustancias que nos aporten un beneficio a nuestra salud (Meléndez-Sosa et al., 2020), debido a que actualmente en México se ha encontrado un aumento de enfermedades como lo son diabetes, hipertensión y cáncer, entre otras.

Recientemente, la pandemia por COVID-19 dejó, igualmente, muchas secuelas en las poblaciones, que podrían verse minimizadas al consumir ciertos compuestos bioactivos (Méndez Castillo et al., 2020). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2025), la primera causa de muerte en México son enfermedades del corazón, de las cuales se esperaban un total de 386 153 defunciones, cuando en realidad fueron 545 403, dicha cifra representa un aumento de un 41,24% a la cifra esperada, en segundo lugar, se encuentra la diabetes mellitus que también aumentó un 27,64% y en tercer lugar las defunciones por tumores malignos que aumentaron un 2%.

Ante la alerta en la salud de la población es importante tomar las medidas adecuadas para reducir esas cifras (Güemes-Vera et al., 2020), no necesariamente deben usarse materias primas nuevas, ya que en varios desechos o residuos alimentarios generados en la producción a nivel industria alimentaria (Burgalia, 2021), se encuentran biomasas, que deben ser analizadas para conocer sus características fisicoquímicas, carbohidratos estructurales y componentes extractivos (fenoles y capacidad antioxidante) para ser

aprovechados (Rojas-González et al., 2019); asimismo, se debe considerar el proceso de transformación adecuado para reutilizar (Reyes-Portillo et al., 2020) y aprovechar principalmente aquellas sustancias bioactivas que aporten beneficios a la salud humana (Burgalia, 2021).

Son frutos de interés para el aprovechamiento de sus propiedades las zarzamoras y frambuesas (*Rubus* spp.), las cuales cuando no son exportadas por perder ciertos atributos de calidad se consideran como residuos (Grandez Yoplac, 2021), entre los atributos de calidad solicitados por los consumidores se pueden mencionar principalmente las siguientes características: tamaño, forma, firmeza y uniformidad en los frutos, y como aspectos secundarios la uniformidad del color y olor (Morfín Magaña et al., 2023), cuando en su proceso de maduración se presenta e involucra cualquiera de los atributos mencionados disminuye su aceptación en el mercado lo cual a su vez reduce la venta de este producto generando en muchas ocasiones un residuo en el proceso de postcosecha (Carbajal Núñez, 2021; Fredes et al., 2023).

La investigación sobre el aprovechamiento de subproductos agrícolas, específicamente de especies del género *Rubus* (como zarzamoras y frambuesas), es de gran relevancia debido a varios factores críticos relacionados con la sustentabilidad y el impacto ambiental. La gestión adecuada de los subproductos agrícolas es esencial para promover la economía circular y el desarrollo sostenible (Santeramo, 2022).

En lugar de considerar estos subproductos como desechos, se pueden reutilizar y revalorizar para obtener compuestos bioactivos con aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica (Miranda & Zavaleta-Cortijo, 2023). Este enfoque puede reducir la cantidad de residuos generados y contribuir a la conservación de recursos

naturales y a la reducción de la huella de carbono de la agricultura (Ye et al., 2024).

La producción agrícola genera una cantidad significativa de residuos que, si no se manejan adecuadamente, pueden causar problemas ambientales como la contaminación del suelo y del agua, y la emisión de gases de efecto invernadero (Tudi et al., 2021). Los subproductos de *Rubus* spp., como hojas, tallos y frutos no comercializables, pueden ser una fuente importante de contaminación si se dejan descomponer en el campo o se queman (Ravichandran & Krishnaswamy, 2023). Sin embargo, su aprovechamiento mediante métodos de procesamiento sostenibles puede mitigar estos impactos negativos.

Composición química y nutrimental de *Rubus* spp.

La composición química y nutrimental varía moderadamente según la especie del género *Rubus*, no obstante, se han obtenido medias de las diversas variedades y géneros, representando de manera fidedigna un acercamiento a su composición y caracterización nutrimental y fitoquímica. En el cuadro 1 se presenta el contenido de macronutrientes de *Rubus* spp. En el cuadro 2 se presenta el contenido de micronutrientes del mismo género taxonómico, mientras que en el cuadro 3 se muestran la clase y contenido de fitoquímicos presentes en las especies del género *Rubus*.

El estrés abiótico, como la sequía y las temperaturas extremas, puede influir significativamente en el cultivo del género *Rubus*, afectando la producción de fitoquímicos (Castañeda-Cardona et al., 2024). Las plantas de *Rubus*, al enfrentar condiciones de estrés, activan mecanismos de defensa que incluyen la producción de compuestos bioactivos como antioxidantes y otros fitoquímicos (De la Asunción-Romero et al., 2024).

Cuadro 1. Macronutrientes de zarzamora (*Rubus* spp.) en 100 g de peso fresco

Componente	Valor nutrimental
Energía (kcal)	43
Proteínas (g)	1,39
Lípidos totales (g)	0,49
Hidratos de carbono (g)	9,61
Fibra dietética total (g)	5,3
Azúcares totales (g)	4,88

Adaptado de: Martínez et al., 2022

Cuadro 2. Micronutrientes de zarzamora (*Rubus* spp.) en 100 g de peso fresco

Componente	Valor nutrimental
Calcio (mg)	29
Hierro (mg)	0,62
Magnesio (mg)	20
Fósforo (mg)	22
Potasio (mg)	162
Vitamina C - ácido ascórbico (mg)	21
Vitamina B1 - tiamina (mg)	0,020
Vitamina B2 - riboflavina (mg)	0,026
Vitamina B3 - niacina(mg)	0,646
Vitamina B6 - piridoxina (mg)	0,030
Vitamina B9 - folatos (µg)	25
Vitamina A (µg)	11
Vitamina E - tocoferoles y tocotrienoles (mg)	1,17

Adaptado de: Zafra Rojas, 2019

Estos cambios en la producción de fitoquímicos pueden variar según el tipo y la intensidad del estrés, así como la especie y el cultivar específico de *Rubus* (Wang et al., 2023). Por ejemplo, estudios han demostrado que el estrés hídrico puede aumentar la concentración de ciertos antioxidantes en las plantas de *Rubus*, lo que podría tener implicaciones tanto para la salud humana como para la industria alimentaria (De la Asunción-Romero et al., 2024; Wang et al., 2023). Sin embargo, es necesario realizar

más investigaciones para comprender completamente cómo diferentes tipos de estrés afectan la producción de fitoquímicos y cómo estos cambios pueden ser aprovechados de manera óptima.

Cuadro 3. Fitoquímicos de zarzamora (*Rubus* spp.) en 100 g de peso fresco

Fitoquímico	Cantidad mg/ 100 g de fruto fresco
Total de fenoles contenidos	147,86 ± 0,96
Flavonoides	184,72 ± 1,73
Antocianinas	146,37
Flavonoles totales	29,49
Flavonas	0,16
Total de Taninos	242,83 ± 2,39
Ácidos fenólicos	26–29
Total de antocianinas	1,93 ± 0,09
Total de ésteres tartáricos	29,191
Ácido gálico	13,798
Ácido caftárico	0,099
Ácido cafeico	0,033
Ácido siríngico	0,371
Procianidina B2	0,149
Catequinas	0,409
Epicatequinas	0,363
Quercetina-3-glucósido	0,353
Rutina	2,277
Quercetina	0,379

Adaptado de: Muniyandi et al., 2019;
Zia-Ul-Haq et al., 2014

Cabe mencionar que en un estudio, la capacidad antioxidante total de las moras varió entre 140 y 960 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g de peso fresco. El ácido gálico sólo está presente en pequeñas cantidades en las zarzamoras y, por lo tanto, no es el estándar de ácido fenólico deseado para el ensayo de Folin-Ciocalteu; sin embargo, es el fenólico reportado con mayor frecuencia para compararlo con los resultados de la literatura. En cuanto a las zarzamoras, los ácidos fenólicos, los flavonoides y los taninos son las clases fenólicas más frecuentes, entre los que figuran el ácido gálico, el ácido elágico, las proantocianidinas, las antocianinas y las antociani-

dinas como las delfinidinas, petunidinas, pelargonidinas y cianidinas (Robinson et al., 2020).

El ácido elágico es el principal ácido fenólico presente en las zarzamoras. Este compuesto es un polifenol con cuatro grupos hidroxilo, estabilizados por resonancia, y pertenece a la familia de los ácidos hidroxibenzoicos. Durante la maduración de la fruta, el ácido elágico se sintetiza a partir de la degradación de los elagitaninos, que suelen estar glicosilados. Las bayas silvestres, incluyendo las del género *Rubus*, son una fuente significativa de elagitaninos y de su producto de degradación, el ácido elágico (Robinson et al., 2020).

Se han reportado variaciones en el contenido de fenoles totales en zarzamoras, con valores que oscilan entre 100 y 300 mg por 100 g de peso fresco (Zia-Ul-Haq et al., 2014). Estas diferencias pueden deberse a factores como la variedad de la zarzamora, las condiciones de cultivo y los métodos de análisis utilizados (Gil-Martínez et al., 2023).

El contenido de flavonoides en zarzamoras puede variar significativamente. Por ejemplo, un estudio encontró que el contenido de flavonoides totales en diferentes variedades de zarzamora oscilaba entre 150 y 250 mg por 100 g de peso fresco (Zia-Ul-Haq et al., 2014). Estas variaciones pueden estar influenciadas por factores genéticos y ambientales. Las antocianinas son los principales pigmentos responsables del color de las zarzamoras (Felipe-Mendoza et al., 2023). Se ha reportado que el contenido de antocianinas en zarzamoras puede variar entre 100 y 200 mg por 100 g de peso fresco. Las diferencias en los métodos de extracción y análisis pueden contribuir a estas variaciones (Zia-Ul-Haq et al., 2014).

Los flavonoles, como la quercetina y el kaempferol, son importantes antioxidantes. Estudios han encontrado que el contenido de

flavonoles en zarzamoras puede variar entre 20 y 40 mg por 100 g de peso fresco (Muniyandi et al., 2019). Las flavonas son menos abundantes en las zarzamoras en comparación con otros flavonoides (Valencia Sullca & Guevara Pérez, 2013). Los valores reportados en la literatura son generalmente bajos, similares a los presentados en el cuadro 3.

Los taninos son compuestos fenólicos que contribuyen a la astringencia de las zarzamoras (Karaklajic-Stajic et al., 2023). Se ha reportado que el contenido de taninos en zarzamoras puede variar ampliamente, con valores que oscilan entre 200 y 300 mg por 100 g de peso fresco (Staszowska-Karkut & Materska, 2020). Los ácidos fenólicos, como el ácido gálico y el ácido cafeico, son importantes antioxidantes. Se ha encontrado que el contenido de ácidos fenólicos en zarzamoras puede variar entre 20 y 30 mg por 100 g de peso fresco (Delgadillo Ramírez, 2015).

La presencia y concentración de ésteres tartáricos, ácido gálico, ácido caftarico, ácido cafeico, ácido siríngico, procianidina B2, catequinas, epicatequinas, quercetina-3-glucósido, rutina y quercetina pueden variar según la variedad de zarzamora y las condiciones de cultivo (Zia-Ul-Haq et al., 2014).

Por ejemplo, la quercetina y sus derivados son comunes en las zarzamoras y se han reportado en concentraciones similares a las presentadas en el cuadro 3. Por todo esto, las diferencias en las cantidades y perfiles de fitoquímicos presentes en las zarzamoras pueden atribuirse a una variedad de factores, incluyendo la variedad de la planta, las condiciones de cultivo, los métodos de procesamiento y los métodos de análisis utilizados (Xiong et al., 2024). La comprensión de estas variaciones es crucial para optimizar el uso de zarzamoras en aplicaciones nutraceuticas y funcionales.

Producción de *Rubus* spp. en México

Con una producción de 215 mil 923 toneladas, México se ubica como el principal productor de zarzamora a nivel mundial. Se cultiva en 12 estados del país, entre ellos Michoacán, Jalisco y Colima, sin embargo, es Michoacán su principal productor con el 97% del total de la producción de esta frutilla, según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2021).

La gestión de residuos agrícolas en México, especialmente de especies del género *Rubus* (como zarzamoras y frambuesas), presenta desafíos significativos en términos de sustentabilidad y problemática medioambiental (Molina-Guerrero et al., 2020). Los residuos agrícolas de estas especies incluyen restos de poda, hojas, y frutos no comercializables, los cuales pueden tener impactos negativos si no se manejan adecuadamente.

Los residuos de *Rubus* pueden contener pesticidas y fertilizantes que, al descomponerse, liberan sustancias tóxicas al suelo y cuerpos de agua. Esto puede llevar a la contaminación de acuíferos y afectar la calidad del agua potable (Chamberlain et al., 2024; Quispe Limaylla, 2015).

La descomposición anaeróbica de residuos de *Rubus* genera metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), ambos potentes gases de efecto invernadero. Estos gases contribuyen al cambio climático y al calentamiento global. La quema de residuos agrícolas, una práctica común en algunas regiones, puede llevar a la pérdida de nutrientes del suelo y a la erosión, afectando la productividad agrícola a largo plazo (Padilla-Bernal et al., 2020).

Con respecto a la sustentabilidad, el compostaje de residuos de *Rubus* puede transformar estos desechos en biofertilizantes, mejorando la calidad del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos. Este proceso también ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al evitar

la descomposición anaeróbica (Rodríguez-Bautista et al., 2019).

Los residuos de *Rubus* pueden ser utilizados para la producción de biogás y bioetanol, proporcionando una fuente de energía renovable y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles, esto no sólo mitiga el impacto ambiental, sino que también ofrece beneficios económicos a las comunidades rurales (Robati et al., 2023). Por último, la implementación de prácticas de economía circular en la gestión de residuos de *Rubus* podría promover la reutilización y reciclaje de materiales, minimizando los desechos y cerrando el ciclo de producción en un contexto de economía circular (Brunner & Morf, 2025).

Como ya se mencionó, existen diversos parámetros a considerar para el rechazo de zarzamoras para su venta comercial, respecto a su calidad:

Tamaño inadecuado: Las zarzamoras que son demasiado pequeñas o grandes no pueden cumplir con los estándares de tamaño establecidos para la venta. Los consumidores suelen buscar zarzamoras de tamaño uniforme y adecuado.

Color anormal: Las zarzamoras maduras y de buena calidad suelen tener un color negro intenso o morado oscuro. Si las zarzamoras presentan un color anormal, como verde o pálido, pueden ser consideradas de baja calidad y no cumplir con los estándares de venta

Textura irregular: Las zarzamoras deben tener una textura suave y firme. Si presenta una textura blanda, arrugada o irregular, no pueden ser consideradas aptas para la venta, ya que indican una falta de frescura o problemas de madurez.

Todas estas características se relacionan con la NMX-FF-129-SCFI-2016. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Fruta fresca-Zarzamora (*Rubus*

spp.)-Especificaciones y métodos de prueba (Secretaría de Economía, 2017).

Beneficios para la salud de los distintos compuestos presentados

Cada uno de los fitoquímicos mencionados en el cuadro 3 ofrece beneficios específicos para la salud del consumidor. Los fenoles totales, por ejemplo, se destacan por su alta capacidad antioxidante (Ascencio Arteaga, 2022). Además, poseen propiedades antiinflamatorias y pueden proporcionar beneficios en el tratamiento de enfermedades cardíacas y neurodegenerativas. Otro grupo de compuestos de interés son los flavonoides, que actúan como pigmentos naturales y agentes antioxidantes protectores del organismo. Estos flavonoides se encuentran predominantemente en la parte carnosa del fruto (Ramírez Lagunas et al., 2022).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de origen vegetal, cuya presencia en el reino animal se debe principalmente a la ingesta de plantas (Martini et al., 2023). Estos compuestos confieren propiedades características como tonalidades rojas o azules, sabores amargos y aromas distintivos. El consumo de compuestos fenólicos se asocia con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares (Ascencio Arteaga, 2022; Kocabas & Sanlier, 2024).

Del mismo modo, los flavonoides, que también son compuestos fenólicos y de bajo peso molecular producidos por casi todas las plantas vasculares, se consumen regularmente en la dieta humana. Estos compuestos se encuentran en alimentos como moras, fresas, chocolate y, en particular, en las zarzamoras. Los flavonoides tienen diversos efectos farmacológicos en el ser humano, incluyendo propiedades antineoplásicas, reducción del colesterol, protección y regeneración hepática, así como efectos analgésicos. (Estrada-Reyes et al., 2012). Todos estos compuestos fenólicos mencionados y sus derivados se destacan por tener una gran capa-

acidad antioxidante, debida principalmente a sus grupos hidroxilo (OH) libres que les permiten donar hidrogeniones y, de este modo, reducir moléculas oxidadas (Tzima

et al., 2023). En la figura 1 se ilustra la clasificación de los compuestos fenólicos a modo de diagrama.

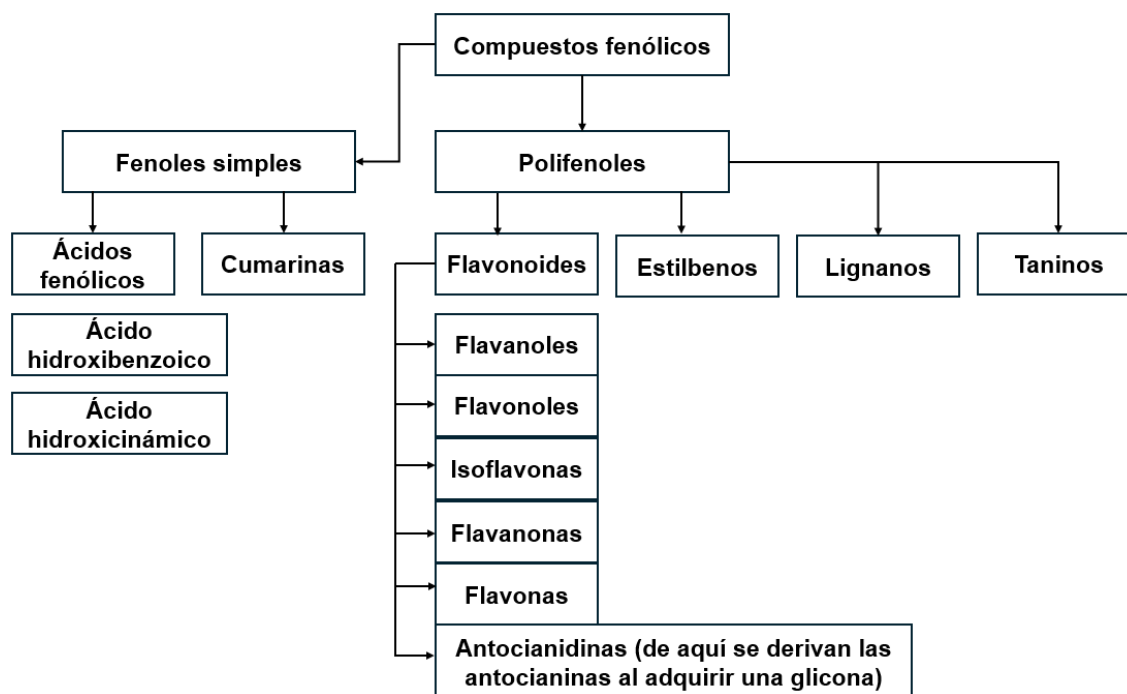


Figura 1. Diagrama de la clasificación de los compuestos fenólicos

Adaptada de: Alara et al., 2021; Ebrahimi & Lante, 2021; Robbins & Bean, 2004

Además, los flavonoides de la zarzamora tienen fuertes propiedades antioxidantes, lo que significa que pueden ayudar a proteger a las células del daño causado por los radicales libres, los cuales son moléculas inestables que pueden dañar el ADN y las células, lo que contribuye al aceleramiento del proceso de envejecimiento y a la generación y progresión de muy diversas enfermedades (Franck et al., 2020; Thorakkattu et al., 2025).

Hablando de las antocianinas se conocen por ser flavonoides, encargados de aportar pigmentos en diversos frutos, flores y verduras, proporcionan principalmente tonalidades violetas y azules (De la Rosa et al., 2022); entre sus aportaciones a la salud humana se

encuentran los efectos beneficiosos en patologías oncológicas y neoplásicas, debido a la inhibición de la transformación de células. Esto se debe a un bloqueo en las proteínas quinasas que son activadas por mitógenos generando un bloqueo en la expresión de proteínas activadoras que finalmente provocan una regulación en la inflamación que es un factor fundamental en la metástasis e inducción de apoptosis en células cancerosas (Rubio Ochoa et al., 2019).

En el cuadro 4 se presentan los resultados de algunos estudios clínicos que usaron especies del género *Rubus* spp., derivados de éstas o compuestos bioactivos que también se encuentran en este género de fruto.

Cuadro 4. Efectos biológicos de *Rubus* spp. y sus compuestos bioactivos principales demostrados por ensayos clínicos

Compuesto bioactivo presente en <i>Rubus</i>	Tipo de estudio	Dosis	Efecto observado	Referencia
Extracto de hoja de <i>Rubus idaeus</i>	Ensayo monocéntrico, aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo de 198 participantes con osteoartritis femorotibial, con intervención de 12 semanas	Cápsulas de 200 y 400 mg	Disminución significativa del dolor osteoarticular	Henrotin et al., 2022
Vitamina C, vitamina E y extracto de cultivo celular de hoja de frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>)	Ensayo controlado, aleatorizado con 50 mujeres de 30 a 65 años con duración de ocho semanas	Suero de aplicación tópica con 20% de ácido ascórbico, 1% de acetato de tocoferilo y 0,0005% de cultivo celular de hoja de <i>Rubus idaeus</i>	El color, la elasticidad, la luminosidad de la piel, la suavidad, la descamación y las arrugas mejoraron significativamente. Las reacciones adversas leves fueron hormigueo y tirantez	Rattanawiwat-pong et al., 2020
Frambuesa roja (<i>Rubus idaeus</i>) con fructooligosacáridos (FOS)	Ensayo clínico, aleatorizado, cruzado con 26 adultos con prediabetes y 10 sanos con 2 períodos de suplementación de cuatro semanas	Suplemento oral con el equivalente a 125 g de frambuesa roja y 8 g de FOS	Reducción de resistencia hepática a la insulina, colesterol total y LDL. Aumento de la función de las células β pancreáticas y de las bifidobacterias fecales	Zhang et al., 2022
Zarzamoras frescas (<i>Rubus occidentalis</i>)	Ensayo clínico, cruzado, aleatorio y controlado con dos períodos de tratamiento en 27 hombres con sobrepeso u obesidad durante siete días	Ingesta de 600 g/día de zarzamoras frescas equivalentes a 1 500 mg de flavonoides	Reducción significativa en el cociente respiratorio promedio de 24 h, lo que indica un aumento de la oxidación de grasas; disminución significativa del área bajo la curva de tolerancia de la insulina. Mejora en el HOMA-IR	Solverson et al., 2018
Frambuesas congeladas (<i>Rubus idaeus</i>)	Ensayo controlado, aleatorizado, de dos brazos, de grupos paralelos con 59 sujetos con sobrepeso u obesidad abdominal y con hiperinsulinemia o hipertrigliceridemia leve durante ocho semanas de intervención	Ingesta de 280 g/día de frambuesas congeladas	Aumento significativo en la expresión de 43 genes y enriquecimiento de varias vías funcionales involucradas en la regulación de la citotoxicidad, el tráfico de células inmunitarias, la transducción de señales de proteínas y la producción de interleucina. Sin disminución significativa en la insulina plasmática de la glucosa, las concentraciones de marcadores inflamatorios ni la presión arterial	Franck et al., 2020

Continúa...

...Continuación

Cuadro 4. Efectos biológicos de *Rubus* spp. y sus compuestos bioactivos principales demostrados por ensayos clínicos

Compuesto bioactivo presente en <i>Rubus</i>	Tipo de estudio	Dosis	Efecto observado	Referencia
Batido de “berries” con arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i>), fresas (<i>Fragaria vesca</i>) y frambuesas (<i>Rubus idaeus</i>)	Ensayo clínico, simple ciego, aleatorizado y controlado en 40 sujetos sanos de entre 20 y 30 años con una sola intervención (monodosis)	Batido oral de 400 mL con cantidades iguales de arándanos, fresas y frambuesas	Aumento significativo del rendimiento cognitivo y de la capacidad de concentración (durante al menos 6 h); tiempo de respuesta significativamente más rápido (durante al menos 6 h)	Whyte et al., 2019
Suplemento oral de zarzamora inmadura (<i>Rubus occidentalis</i>)	Ensayo clínico piloto, aleatorizado, doble ciego y controlado en 30 hombres con síntomas de andropausia y síndrome climatérico masculino, durante 12 semanas	Suplementación oral con 4,800 mg de zarzamora inmadura dos veces al día (9,600 mg/día)	Disminución significativa en síntomas miccionales, en colesterol LDL y colesterol total séricos. Mejora potencial en el metabolismo lipídico; alivio de síntomas del síndrome climatérico masculino y de la disuria	Jung et al., 2023

Métodos de Procesamiento

En la actualidad existen numerosas formas de procesamiento de alimentos y cada día surgen nuevas técnicas, mecanismos y herramientas. El procesado se realiza mediante la aplicación de diversos métodos que permiten modificar la condición del alimento para asegurar su consumo a futuro (Knorr & Augustin, 2025), incluyendo a las especies del género *Rubus*. Dentro de los procedimientos utilizados para la extracción de principios bioactivos de *Rubus*, así como de diversas frutas, se encuentran los siguientes:

Métodos de secado

Secado por aire caliente: es de los métodos más utilizados y consiste en la eliminación del agua del alimento, lo cual se logra mediante la aplicación de un flujo de aire a una velocidad y temperatura específicas. El secado al vacío se basa en la reducción del punto

de ebullición del agua al disminuir la presión. La ósmosis implica una reducción parcial del contenido de agua del alimento hacia una solución hipertónica, debido a un gradiente de potenciales químicos, lo que provoca un flujo de soluto desde la solución hacia el alimento y la salida de solutos disueltos del interior del alimento (Sánchez-Pazos et al., 2022).

Este método es ampliamente utilizado para secar frutos de *Rubus* debido a su eficiencia y costo relativamente bajo. El aire caliente facilita la remoción de agua, preservando los compuestos fenólicos y antioxidantes presentes en estos frutos (Eminoğlu et al., 2019).

El método de secado por aire caliente es utilizado típicamente en productos sólidos. Mientras que, entre los métodos utilizados para secar productos fluidos se encuentran

las tecnologías como la liofilización y la atomización (Knorr & Augustin, 2025).

Secado por liofilización: La liofilización ha abierto nuevas posibilidades para el procesamiento de frutas. Este método de secado se basa en la sublimación, que ocurre cuando la presión de vapor y la temperatura del hielo en la superficie del alimento están por debajo del punto triple del agua. La liofilización se ha desarrollado para reducir pérdidas de aroma y sabor en los alimentos mediante la conservación en una cadena de frío indefinida, con un porcentaje de humedad del 15% y temperaturas muy bajas para evitar el crecimiento de microorganismos y la degradación de sus atributos organolépticos, nutricionales y fitoquímicos que son muy sensibles en procesos como el secado a altas temperaturas (Sánchez-Pasos et al., 2022).

La liofilización es altamente efectiva para preservar la estructura celular y los compuestos bioactivos de los frutos de *Rubus*. En un estudio, la liofilización asistida por calentamiento infrarrojo (IRFD) redujo un 43 % el tiempo de secado, mientras que no afectó el color de las moras secas, demostrando una mayor conservación de pigmentos antioxidantes como las antocianinas (Leite-Oliveira et al., 2023).

Secado por atomización (aspersión): El secado de atomización es una operación de transferencia simultánea de calor y masa, en donde ocurre la transformación de un fluido, ya sea dispersión, solución, o pasta en un material sólido, atomizando en forma de gotas en un medio de secado, obteniendo como producto un polvo (Cardona Tangarife et al., 2021).

Utilizada principalmente para productos fluidos, la atomización puede transformar los zumos de *Rubus* en polvos finos mediante la pulverización del líquido en una corriente de aire caliente. Este método es eficiente para obtener polvos de *Rubus* ricos en compuestos bioactivos, que pueden ser utili-

zados en la industria alimentaria y farmacéutica (Ferrari et al., 2011). En un estudio se demostró que el polvo de moras obtenido mediante secado por atomización conservaba sus características nutrimentales hasta por 45 días, sin embargo, no se midió más allá de este período (Vega-Castro et al., 2024).

Microencapsulación de compuestos bioactivos alimentarios mediante secado por atomización (aspersión)

La técnica de secado por aspersión puede combinarse con diversos polímeros, tanto glucídicos como proteínicos, para formar microcápsulas que contienen compuestos funcionales. Este método permite suplementar alimentos mejorando uno o varios ingredientes esenciales que proporcionan beneficios para la salud humana. Además, la microencapsulación protege los compuestos encapsulados de la degradación prematura, prolongando su vida útil y aumentando su biodisponibilidad (Pang et al., 2025; Cardona Tangarife et al., 2021).

En un estudio, los autores concluyeron que los subproductos de mora con valor agregado podrían dar lugar a una industria más sostenible, mientras que sus subproductos agroindustriales presentan un contenido significativo de antocianinas (Yamashita et al., 2017).

Las maltodextrinas con diferentes equivalentes de dextrosa usadas para microencapsular influyen en las propiedades fisicoquímicas de los extractos y polvos de antocianinas. Los polvos producidos mediante microencapsulación muestran un gran potencial para ser utilizados como colorante natural o como ingrediente saludable (Yamashita et al., 2017).

Aplicación de compuestos de *Rubus* spp. en el campo de los alimentos funcionales

Los frutos de *Rubus* spp. contienen diversos componentes bioactivos tales como vitaminas, minerales, proteínas, azúcares, polifenos-

les, ácidos fenólicos y flavonoides, entre otros, los cuales pueden emplearse en la elaboración de matrices alimentarias simples o complejas usadas en la fabricación de alimentos funcionales (Grandez Yoplac, 2021). Es debido a esto que resulta conveniente extraer estos compuestos reactivos de los residuos de *Rubus* spp., que no pasan por el control de calidad de las empresas y evaluarlos clínicamente, para posteriormente poder usarlos como ingredientes funcionales para la prevención y como coadyuvantes de diversas patologías (Barkaoui et al., 2023).

Una de las formas en las que pueden aprovecharse estos compuestos bioactivos es extrayéndolos y adicionarlos a alimentos como el yogur para su fortificación. El yogur es un alimento consumido mundialmente, y se ha presentado evidencia científica que expresa que el yogur elaborado con “berries” presenta una mayor cantidad de compuestos fenólicos, flavonoides, entre otros compuestos bioactivos en comparación al control que era yogur natural (Barkaoui et al., 2023).

Las antocianinas presentes en los extractos de zarzamora son pigmentos naturales que proporcionan colores rojos, púrpuras y azules. Estos pigmentos son ampliamente utilizados en la industria alimentaria para colorear productos como bebidas, yogures y confitería (Espada-Bellido et al., 2019).

Además, las antocianinas tienen la ventaja de ser solubles en agua y de ofrecer una alternativa natural a los colorantes sintéticos, aunque su estabilidad puede verse afectada por factores como el pH, la temperatura y la exposición a la luz (Cuesta-Riaño et al., 2022).

Asimismo, Los extractos de zarzamora son ricos en compuestos fenólicos, incluyendo flavonoides y antocianinas, que poseen una alta capacidad antioxidante (Lugo-Zarate et al., 2024). Estos compuestos pueden neutralizar radicales libres y reducir el estrés oxidativo, lo que los hace útiles en la

formulación de suplementos dietéticos y productos cosméticos (Olivero-Verbel et al., 2024). Estudios han demostrado que los extractos de zarzamora pueden mejorar la capacidad antioxidante de alimentos y bebidas, contribuyendo a la preservación de su calidad y prolongando su vida útil (Tzima et al., 2023).

Los extractos de zarzamora también se utilizan como saborizantes naturales en la industria alimentaria (Meléndez-Sosa et al., 2020). Su perfil de sabor característico, que combina notas dulces y ácidas, es apreciado en la elaboración de productos como mermeladas, jugos, helados y productos de panadería (Hua et al., 2025). La encapsulación de estos extractos puede mejorar su estabilidad y liberar el sabor de manera controlada durante el consumo (Kopjar et al., 2022).

Cabe destacar que los compuestos fenólicos presentes en los extractos de zarzamora y otras “berries”, como los taninos y las antocianinas, han mostrado actividad antimicrobiana contra una variedad de patógenos (Gil-Martínez et al., 2023). Estos extractos pueden inhibir el crecimiento de bacterias como *Staphylococcus aureus* (Aguilera-Correa et al., 2023), *Escherichia coli* (Salah-Eldin et al., 2024) y *Listeria monocytogenes* (Barbieri et al., 2022), así como de hongos como *Candida albicans* (Gil-Martínez et al., 2023).

Esta propiedad antimicrobiana hace que los extractos de zarzamora sean útiles en la conservación de alimentos y en la formulación de productos de higiene personal y cosméticos. Todas estas propiedades favorecen ampliamente el uso de *Rubus* spp. y sus derivados en el diseño, desarrollo, producción y comercialización de alimentos funcionales.

Conclusiones

1. Los alimentos funcionales se están convirtiendo en una alternativa cada vez más

viable para mejorar la salud de las personas de manera crónica, ya que su consumo regular ofrece diversos beneficios. Es crucial presentar estos compuestos beneficiosos de manera atractiva para el público, utilizando alimentos a los que ya estén habituados, con el fin de facilitar la ingesta de dichos compuestos bioactivos.

2. En este contexto, las zarzamoras (*Rubus* spp.) representan una opción valiosa. Los diversos métodos de procesamiento empleados en *Rubus* spp., como la liofilización, el secado por aire caliente y la extracción y microencapsulación de sus compuestos bioactivos y volátiles, permiten preservar y concentrar sus compuestos bioactivos, mejorando su biodisponibilidad y efectividad.

3. Estos métodos no sólo optimizan el aprovechamiento de los nutrientes, sino que también contribuyen a la economía circular y al desarrollo sustentable y sostenible, al reducir los desechos hortofrutícolas y reutilizar productos que no cumplen con los estándares de calidad.

4. Las zarzamoras son altamente valoradas por su sabor atractivo y por su alto contenido de algunas vitaminas, compuestos orgánicos e inorgánicos. Estos frutos contienen polifenoles, antocianinas y otros compuestos bioactivos que ofrecen efectos beneficiosos para la salud humana, como propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antidiabéticas y anticancerígenas. Además, su consumo regular puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, metabólicas y neurodegenerativas. Por todo ello, el aprovechamiento de las zarzamoras y sus residuos mejora la salud pública mediante la oferta de alimentos funcionales y promueve prácticas sostenibles y responsables en la industria alimentaria.

Perspectivas a futuro

Se espera que la investigación continúe avanzando en el desarrollo de métodos de

procesamiento más eficientes y sostenibles para *Rubus* spp. Esto incluye la optimización de técnicas como la liofilización, la extracción asistida por ultrasonido y la encapsulación, con el objetivo de maximizar la conservación de compuestos bioactivos y mejorar su biodisponibilidad.

La incorporación de extractos de *Rubus* spp. en una variedad de productos alimenticios, como bebidas funcionales, suplementos dietéticos y alimentos fortificados, podría expandirse significativamente. Esto no sólo mejoraría el perfil nutricional de estos productos, sino que también ofrecería beneficios adicionales para la salud, como propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

La implementación de prácticas de economía circular en la gestión de residuos de *Rubus* spp. podría reducir significativamente el desperdicio hortofrutícola. Esto incluye la reutilización de subproductos para la producción de biogás, biofertilizantes y otros materiales valiosos, contribuyendo a un desarrollo más sostenible y responsable.

Se anticipa un aumento en los estudios clínicos que investiguen los efectos específicos de los compuestos bioactivos de *Rubus* spp. en la salud humana. Esto podría incluir investigaciones sobre su impacto en enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y metabólicas, así como su potencial uso en terapias antineoplásicas.

Asimismo, la diversificación de productos derivados de *Rubus* spp., como cosméticos naturales, productos farmacéuticos y nutraceuticos, podría abrir nuevas oportunidades de mercado. Estos productos aprovecharían las propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias de los compuestos bioactivos presentes en las zarzamoras y frambuesas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guadalajara, al Centro Universitario de

Ciencias Exactas e Ingenierías y al Programa de Investigación Delfín por brindar los recursos humanos de alto valor necesarios para la elaboración de este trabajo de investigación bibliográfica, expuesto a manera de un artículo de revisión narrativa.

Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento de ningún tipo para la realización de este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores se declaran libres de conflicto de interés.

Descargo de responsabilidad

Los distintos usos que se hagan de la información expuesta en este artículo no son responsabilidad de los autores ni de la revista, ya que en diversas ocasiones la información sobre los compuestos bioactivos aquí mostrados es de carácter experimental y/o preclínico (*in vitro* o *in vivo*), debido a que mucha de ella aún requiere efectuar ensayos clínicos rigurosos. Es responsabilidad del lector informarse con su médico o algún profesional sanitario competente previo al uso de cualquier molécula aquí expuesta.

Referencias

- Aguilera-Correa, J. J., Nohynek, L., Alakomi, H.-L., Esteban, J., Oksman-Caldentey, K.-M., Puupponen-Pimiä, R., Kinnari, T. J., & Perez-Tanoira, R. (2023). Reduction of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* biofilm growth and development using arctic berry extracts. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1176755>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Ascencio Arteaga, A. (2022). *Efecto de películas comestibles sobre la vida de anaquel y calidad de frutos de zarzamora*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio DSpace. <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/30525>
- Barbieri, F., Montanari, C., Šimat, V., Skroza, D., Čagalj, M., Smole-Možina, S., Bassi, D., Gardini, F., & Tabanelli, G. (2022). Effects of *Rubus fruticosus* and *Juniperus oxycedrus* derivatives on culturability and viability of *Listeria monocytogenes*. *Scientific Reports*, 12, 13158. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17408-4>
- Barkaoui, S., Madureira, J., Boudhrioua, N., & Cabo Verde, S. (2023). Berries: Effects on health, preservation methods, and uses in functional foods: a review. *European Food Research and Technology*, 249, 1689–1715. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04257-2>
- Brunner, P. H., & Morf, L. S. (2025). Waste to energy, indispensable cornerstone for circular economy: A mini-review. *Waste Management & Research: The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association*, 43(1), 26–38. <https://doi.org/10.1177/0734242X241227376>
- Burgalia Osorio, M. (2021). El diseño como estrategia de circularidad en el aprovechamiento de residuos agroindustriales. *Designia*, 8(2), 131–151. <https://doi.org/10.24267/22564004.634>
- Carbajal Núñez, I. (2021). *Fermentados de zarzamora como atrayentes de Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae)*. [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. Repositorio DSpace <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4244547>
- Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormaza Zapata, A. M. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), 1–21. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1899
- Castañeda-Cardona, C. C., Guerra-Ramírez, D., Martínez-Solís, J., Barrientos-Priego, A. F., Peña-Ortega, M. G., & Morillo-Coronado, Y. (2024). Potencial nutracéutico de frutos de especies silvestres de zarzamora y frambuesa. *Revista fitotecnia mexicana*, 47(1), 11–17. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.1.11>

- Chamberlain, L. K., Scott, H., Beddoe, N., & Rintoul-Hynes, N. L. J. (2024). Heavy metal contamination (Cu, Pb, and Cd) of washed and unwashed roadside blackberries (*Rubus fruticosus* L.). *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(6), 2107–2115. <https://doi.org/10.1002/ieam.4981>
- Cuesta-Riaño, C. S., Castro-Guascaa, M. P., & Tarazona-Díaz, M. P. (2022). Anthocyanin Extract from Blackberry Used as an Indicator of Hydrogen Potential. *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 224–234. <https://doi.org/10.1080/15538362.2022.2037036>
- De la Asunción-Romero, R., Jiménez-Elizondo, N., & Morales-Herrera, I. (2024). Effects of postharvest abiotic stress on the accumulation of bioactive compounds. *Agronomía Mesoamericana*, 35(SPE1), 60233. <https://doi.org/10.15517/am.2024.60233>
- De la Rosa, R., X.F., Garcia, L., I., Hernández, M., J., Morales, B. J., Quiroz, V.J. D. C. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155–163. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.5.1>
- Delgadillo Ramírez, A. A. (2015). *Determinación de la composición química, propiedades antioxidantes y físicas de la zarzamora (Rubus sp.) y del residuo de su procesamiento* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. UAEH Biblioteca Digital. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/5241>
- Ebrahimi, P., & Lante, A. (2021). *Polyphenols: A Comprehensive Review of their Nutritional Properties*, 15, 164-172. <https://doi.org/10.2174/1874070702115010164>
- Eminoğlu, M. B., Yegül, U., & Sacilik, K. (2019). *Drying Characteristics of Blackberry Fruits in a Convective Hot-air Dryer*, 54(9), 1546-1550. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14201-19>
- Espada-Bellido, E., Ferreira-González, M., Carrera, C., Palma, M., Álvarez, J. A., Barbero, G. F., & Ayuso, J. (2019). Extraction of Antioxidants from Blackberry (*Rubus ulmifolius* L.): Comparison between Ultrasound- and Microwave-Assisted Extraction Techniques. *Agronomy*, 9(11), 745. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110745>
- Estrada-Reyes, R., Ubaldo-Suárez, D., & Araujo-Escalona, A. G. (2012). Los flavonoides y el Sistema Nervioso Central. *Salud mental*, 35(5), 375–384. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252012000500004
- Felipe-Mendoza, N. A., Martínez-Hernández, M. de J., Ramírez-Benítez, M. del C., Hernández-González, K. D., Molina-Torres, J., Torres-Pelayo, V. del R. & Alvarado-Olivarez, M. (2023). Flavonoides, antocianinas y macronutrientes totales en productos artesanales de zarzamora (*Rubus* sp.) de Atecáxil, Veracruz, México. *Polibotánica*, 56(28), 183–201. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.56.10>
- Ferrari, C. C., Germer, S. P. M., & de Aguirre, J. M. (2011). Effects of Spray-Drying Conditions on the Physicochemical Properties of Blackberry Powder. *Drying Technology*, 30(2), 154–163. <https://doi.org/10.1080/07373937.2011.628429>
- Franck, M., de Toro-Martín, J., Garneau, V., Guay, V., Kearney, M., Pilon, G., Roy, D., Couture, P., Couillard, C., Marette, A., & Vohl, M.-C. (2020). Effects of Daily Raspberry Consumption on Immune-Metabolic Health in Subjects at Risk of Metabolic Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 12(12), 3858. <https://doi.org/10.3390/nu12123858>
- Fredes, C., Moya, J. L., Jara, M., & Reyes-Jara, A. (2023). Reducción, reutilización y reciclaje: Una revisión crítica del conocimiento científico sobre las pérdidas y desperdicios de alimentos en Chile. *Revista chilena de nutrición*, 50(3), 332–347. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000300332>
- Gil-Martínez, L., Mut-Salud, N., Ruiz-García, J. A., Falcón-Piñero, A., Maijó-Ferré, M., Baños, A., De la Torre-Ramírez, J. M., Guillamón, E., Verardo, V., & Gómez-Caravaca, A. M. (2023). Phytochemicals Determination, and Antioxidant, Antimicrobial, Anti-Inflammatory and Anticancer Activities of Blackberry Fruits. *Foods*, 12(7), 1505. <https://doi.org/10.3390/foods12071505>
- Grandez Yoplac, D. E. (2021). *Cinética de degradación de las antocianinas en el secado de la cáscara de berries*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2300>

- Güemes-Vera, N., Ríos-Pérez, F., Soto Simental, S., Quintero Lira, A., & Piloni Martini, J. (2020). Harina de cáscara de vaina de cacao: Una opción para el aprovechamiento de residuos agroindustriales. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 6(11), 5-7. <https://doi.org/10.29057/icap.v6i11.5322>
- Henrotin, Y., Cozannet, R. L., Fañça-Berthon, P., Truillet, R., Cohen-Solhal, M., DunnGalvin, G., Grouin, J.-M., & Doolan, A. (2022). Rubus idaeus extract improves symptoms in knee osteoarthritis patients: Results from a phase II double-blind randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 650. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05612-2>
- Hua, Z., Bian, Y., Lu, F., Liu, S., Ma, W., Chen, T., Feng, J., Xia, Y., & Fang, Y. (2025). Changes in antioxidant and flavor profiles of raspberry, blackberry, and mulberry juices fermented by urolithin A-producing *Limosilactobacillus fermentum* FUA033. *Food Bioscience*, 65, 106131. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106131>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (25 de febrero de 2025). *Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR)*. Información demográfica y social. Recuperado el 26 de febrero de 2025 de <https://www.inegi.org.mx/programas/edr/>
- Jung, S.-J., Park, E.-O., Chae, S.-W., Lee, S.-O., Kwon, J.-W., You, J.-H., & Kim, Y.-G. (2023). Effects of Unripe Black Raspberry Extract Supplementation on Male Climacteric Syndrome and Voiding Dysfunction: A Pilot, Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Nutrients*, 15(15), 3313. <https://doi.org/10.3390/nu15153313>
- Karaklajic-Stajic, Z., Tomic, J., Pesakovic, M., Paunovic, S. M., Stampar, F., Mikulic-Petkovsek, M., Grohar, M. C., Hudina, M., & Jakopic, J. (2023). Black Queens of Fruits: Chemical Composition of Blackberry (*Rubus* subg. *rubus* Watson) and Black Currant (*Ribes nigrum* L.) Cultivars Selected in Serbia. *Foods*, 12(14), 2775. <https://doi.org/10.3390/foods12142775>
- Knorr, D., & Augustin, M. A. (2025). Expanding our food supply: Underutilized resources and resilient processing technologies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105(2), 735–746. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13740>
- Kocabas, S., & Sanlier, N. (2024). The power of berries against cardiovascular diseases. *Nutrition Reviews*, 82(7), 963–977. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad111>
- Kopjar, M., Buljeta, I., Nosić, M., Ivić, I., Šimunović, J., & Pichler, A. (2022). Encapsulation of Blackberry Phenolics and Volatiles Using Apple Fibers and Disaccharides. *Polymers*, 14(11), 2179. <https://doi.org/10.3390/polym14112179>
- Leite-Oliveira, N., Silveira-Alexandre, A. C., Henrique-Silva, S., de Abreu-Figueiredo, J., Aparecida-Rodrigues, A., & Vilela-de Resende, J. (2023). Drying efficiency and quality preservation of blackberries (*Rubus* spp. variety Tupy) in thenear and mid-infrared-assisted freeze-drying. *Food Chemistry Advances*, 3, 100550. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100550>
- Lugo-Zarate, L., Delgado-Olivares, L., Cruz-Cansino, N. D. S., González-Olivares, L. G., Castrejón-Jiménez, N. S., Estrada-Luna, D., & Jiménez-Osorio, A. S. (2024). Blackberry Juice Fermented with Two Consortia of Lactic Acid Bacteria and Isolated Whey: Physicochemical and Antioxidant Properties during Storage. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16), 8882. <https://doi.org/10.3390/ijms25168882>
- Martínez, C. J. E., Melo, S.D. V., Carbajal. V.I.A., & Torres, P.I. (2022). Efecto de tratamientos precosecha en la reversión y contenido de antocianinas del fruto de zarzamora (*Rubus* sp.). *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 5(9), 11-18. <https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/921>
- Martini, D., Marino, M., & Del Bo', C. (2023). Berries and Human Health: Mechanisms and Evidence. *Nutrients*, 15(11), 2527. <https://doi.org/10.3390/nu15112527>
- Meléndez-Sosa, M. F., García-Barrales, A. M., & Ventura-García, N. A. (2020). Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutraceuticos en México. *RD-ICUAP*, 6(1), 114-136. <http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/rdicuap/article/view/1745>
- Méndez Castillo, M., Torres Zapata, A., Acuña Lara, J., Moguel Ceballos, J. (2020). Alimentos funcionales, bases conceptuales y su aplicación en el diseño de planes de alimentación. *Biociencias*,

- 15(1), 1-14.
<https://revistas.uax.es/index.php/biociencia/article/view/1283>
- Miranda, J. J., & Zavaleta-Cortijo, C. (2023). The food crisis in the context of climate change and sustainable development goals. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Publica*, 40(4), 392–394.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2023.404.13553>
- Molina-Guerrero, C. E., Sanchez, A., & Vázquez-Núñez, E. (2020). Energy potential of agricultural residues generated in Mexico and their use for butanol and electricity production under a biorefinery configuration. *Environmental Science and Pollution Research International*, 27 28607–28622.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08430-y>
- Morfín-Magaña, R., Pulido-Toro, E., Corona-Soto, M. D. J., Mendoza-Ballines, L. B., & Topete-Betancourt, K. C. (2023). Análisis del sistema de medición por atributos en la inspección de calidad para zarzamoras. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 24(3), 1–7.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.3.018>
- Muniyandi, K., George, E., Sathyanarayanan, S., George, B. P., Abrahamse, H., Thamburaj, S., & Thangaraj, P. (2019). Phenolics, tannins, flavonoids and anthocyanins contents influenced antioxidant and anticancer activities of Rubus fruits from Western Ghats, India. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 73–81.
<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.005>
- Olivero-Verbel, J., Quintero-Rincón, P., & Caballero-Gallardo, K. (2024). Aromatic plants as cosmeceuticals: Benefits and applications for skin health. *Planta*, 260, 132.
<https://doi.org/10.1007/s00425-024-04550-8>
- Padilla-Bernal, L. E., Lara-Herrera, A., & Vélez-Rodríguez, A. (2020). Sustentabilidad y desempeño ambiental de la agricultura protegida: El caso de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 289–302.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1766>
- Pang, L., Li, R., Chen, C., Huang, Z., Zhang, W., Man, C., Yang, X., & Jiang, Y. (2025). Combined processing technologies: Promising approaches for reducing Allergenicity of food allergens. *Food Chemistry*, 463(Part 4), 141559.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141559>
- Quispe Limaylla, A. (2015). El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(1), 83–95.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100008
- Ramírez Lagunas, K. A., Vargas Moreno, I., Herrera Meza, S., Rodríguez Landa, J. F., Puga Olguín, A., & Fernández Demeneghi, R. (2022). Efecto del jugo de zarzamora sobre los patrones conductuales de nado y el número de neuronas en la región cg1 de Ratas Wistar. *UVserva*, 13, 121–230.
<https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2821>
- Rattanawiwatpong, P., Wanitphakdeedecha, R., Bumrungrert, A., & Maiprasert, M. (2020). Anti-aging and brightening effects of a topical treatment containing vitamin C, vitamin E, and raspberry leaf cell culture extract: A split-face, randomized controlled trial. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 19(3), 671–676.
<https://doi.org/10.1111/jocd.13305>
- Ravichandran, K. S., & Krishnaswamy, K. (2023). Sustainable food processing of selected North American native berries to support agroforestry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(20), 4235–4260.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1999901>
- Reyes-Portillo, K. A., Soto-Simental, S., Hernández-Sánchez, H., Quintero-Lira, A., & Piloni-Martini, J. (2020). Alimentos funcionales a partir de calostro bovino. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 6(12), 9–11.
<https://doi.org/10.29057/icap.v6i12.5924>
- Robati, R., Mirahmadinejad, E., & Ghasemi, F. (2023). Bio-ethanol Production from Strawberry by *Saccharomyces cerevisiae* in Repeated Batch Abstract. *Asian Food Science Journal*, 22(9), 113–116.
<https://doi.org/10.9734/afsj/2023/v22i9662>
- Robbins, R. J., & Bean, S. R. (2004). Development of a quantitative high-performance liquid chromatography-photodiode array detection measurement system for phenolic acids. *Journal of Chromatography A*, 1038(1–2), 97–105.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.03.009>

- Robinson, J. A., Bierwirth, J. E., Greenspan, P., & Pegg, R. B. (2020). Blackberry polyphenols: Composition, quantity, and health impacts from *in vitro* and *in vivo* studies. *Journal of Food Bioactives*, 9, 40-51. <https://doi.org/10.31665/JFB.2020.9217>
- Rodríguez-Bautista, G., Segura Ledesma, S. D., Cruz-Izquierdo, S., López-Medina, J., Gutierrez-Espinosa, A., Cruz-Huerta, N., Carrillo-Salazar, J., & Valenzuela Núñez, L. M. (2019). Distribución y variabilidad morfológica de especies de zarzamoras en México (*Rubus* spp L.). *Biotecnia*, 21(2), 97-105. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.935>
- Rojas-González, A. F., Flórez-Montes, C., & López-Rodríguez, D. F. (2019). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Revista Cubana de Química*, 31(1), 31–52. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212019000100031&lng=es&nrm=iso
- Rubio Ochoa, E., Pérez Sánchez, R.E., Ávila Val, T. C., Gómez Leyva, J. F., García Saucedo, P. A., (2019). Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de *Rubus* con potencial nutracéutico y alimenticio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (23), 291–301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2028>
- Salah-Eldin, A. A., Ibrahim, H. H., & Ali, M. R. (2024). Antimicrobial and therapeutic potentials of the blackberry extracts against *Escherichia coli* infection in male albino rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(13), 7776–7787. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13572>
- Sánchez-Pasos, D., Montoya, C. J., Bazán-Rodríguez, J., Gutierrez-Magan, C., & Rojas, M. L. (2022). Effect of Drying by Lyophilization and Atomization on the Characteristics and Properties of Fruit Powders: A Systematic Review. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions”*. (1-9). <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.104>
- Santeramo, F. G. (2022). Circular and green economy: The state-of-the-art. *Heliyon*, 8(4), e09297. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09297>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (05 de noviembre de 2021). *Zarzamora, la frutilla número uno de México*. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/zarzamora-la-frutilla-numero-uno-de-mexico>
- Secretaría de Economía. (2017). *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- Fruta fresca- Zarzamora (*Rubus* spp.)- Especificaciones y métodos de prueba* (NMX-FF-129-SCFI-2016). https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5490424
- Solverson, P. M., Rumpler, W. V., Leger, J. L., Redan, B. W., Ferruzzi, M. G., Baer, D. J., Castonguay, T. W., & Novotny, J. A. (2018). Blackberry Feeding Increases Fat Oxidation and Improves Insulin Sensitivity in Overweight and Obese Males. *Nutrients*, 10(8), 1048. <https://doi.org/10.3390/nu10081048>
- Staszowska-Karkut, M., & Materska, M. (2020). Phenolic Composition, Mineral Content, and Beneficial Bioactivities of Leaf Extracts from Black Currant (*Ribes nigrum* L.), Raspberry (*Rubus idaeus*), and Aronia (*Aronia melanocarpa*). *Nutrients*, 12(2), 463. <https://doi.org/10.3390/nu12020463>
- Thorakkattu, P., Jain, S., Sivapragasam, N., Maurya, A., Tiwari, S., Dwivedy, A. K., Koirala, P., & Nirmal, N. (2025). Edible Berries-An Update on Nutritional Composition and Health Benefits-Part II. *Current Nutrition Reports*, 14, 10. <https://doi.org/10.1007/s13668-024-00608-x>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- Tzima, K., Putsakum, G., & Rai, D. K. (2023). Antioxidant Guided Fractionation of Blackberry Polyphenols Show Synergistic Role of Catechins and Ellagitannins. *Molecules*, 28(4), 1933. <https://doi.org/10.3390/molecules28041933>
- Valencia Sullca, C. E., & Guevara Pérez, A. (2013). Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(2),

116–125.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000200004

Vega-Castro, O., Vargas-Marulanda, D., Castro-Tobón, S., Vallejo-Marulanda, L., Vanegas-Arboleda, V., Henao-González, D., & Gómez-Narváez, F. (2024). Exploring the Potential of Spray-Dried Blackberry Powder Enriched with Zinc and Folic Acid as a Nutritional Alternative for Children and Pregnant Women. *Food Biophysics*, 20, 11. <https://doi.org/10.1007/s11483-024-09892-0>

Wang, G., Guan, S. L., Zhu, N., Li, Q., Chong, X., Wang, T., & Xuan, J. (2023). Comprehensive Genomic Analysis of SnRK in Rosaceae and Expression Analysis of RoSnRK2 in Response to Abiotic Stress in *Rubus occidentalis*. *Plants*, 12(9), 1784. <https://doi.org/10.3390/plants12091784>

Whyte, A. R., Cheng, N., Butler, L. T., Lampion, D. J., & Williams, C. M. (2019). Flavonoid-Rich Mixed Berries Maintain and Improve Cognitive Function Over a 6 h Period in Young Healthy Adults. *Nutrients*, 11(11), 2685. <https://doi.org/10.3390/nu11112685>

Xiong, X., Liu, Z., Che, X., Zhang, X., Li, X., & Gao, W. (2024). Chemical composition, pharmacological activity and development strategies of *Rubus chingii*: A review. *Chinese Herbal Medicines*, 16(3), 313–326. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2024.01.007>

Yamashita, C., Song, C. M. M., dos Santos, C., Malacrida, M., C. R., Freitas, M., I. C., & Branco, I. G. (2017). Microencapsulación de un extracto de subproducto de mora (*Rubus* spp.) rico en antocianinas mediante liofilización. *LWT*, 84, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.063>

Ye, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Wei, W., Cheng, D., Bui, X. T., Hoang, N. B., & Zhang, H. (2024). Biofuel production for circular bioeconomy: Present scenario and future scope. *Science of the Total Environment*, 935, 172863. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172863>

Zafra Rojas, Q. Y. (2019). Valorización de los subproductos del procesamiento de la zarzamora (*Rubus fruticosus*), por su contenido en antioxidantes y fibra dietética. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de

Hidalgo]. UAEH Biblioteca Digital. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2675>

Zhang, X., Zhao, A., Sandhu, A. K., Edirisinghe, I., & Burton-Freeman, B. M. (2022). Red Raspberry and Fructo-Oligosaccharide Supplementation, Metabolic Biomarkers, and the Gut Microbiota in Adults with Prediabetes: A Randomized Crossover Clinical Trial. *The Journal of Nutrition*, 152(6), 1438–1449. <https://doi.org/10.1093/jn/nxac037>

Zia-Ul-Haq, M., Riaz, M., De Feo, V., Jaafar, H. Z. E., & Moga, M. (2014). *Rubus fruticosus* L.: Constituents, biological activities and health related uses. *Molecules*, 19(8), 10998–11029. <https://doi.org/10.3390/molecules190810998>

Moléculas provenientes de alimentos con posibilidad de uso en el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos para el adulto mayor: una revisión narrativa

Molecules from foods with the possibility of use in the development of functional foods and nutraceuticals for the elderly: a narrative review

Yair Adonai Sánchez-Nuño¹; Angélica Villarruel-López^{2*}

¹Departamento de Bienestar y Desarrollo Sustentable, Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara, Colotlán 46200, México

²Departamento de Farmacobiología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara 44430, México. *Correo-e: angelica.vlopez@academicos.udg.mx

Recibido: 28/enero/2025 Aceptado: 29/marzo/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v0i0.107>

ID 1er. Autor: Yair Adonai Sánchez-Nuño / **ORCID:** 0000-0003-3609-5243

ID 1er. Coautor: Angélica Villarruel-López / **ORCID:** 0000-0003-3458-1221

Resumen

En este texto se revisan diversas moléculas de origen natural, alimentos y probióticos con potencial uso en la prevención y el tratamiento de distintas enfermedades que afectan en mayor parte a los adultos mayores. Los adultos mayores son un grupo etario vulnerable que cada año representa un mayor porcentaje de la población mexicana y mundial, para el cual existen pocos alimentos funcionales y nutraceuticos. Se han investigado una gran cantidad de moléculas provenientes de alimentos con capacidad de uso en la formulación de alimentos y nutraceuticos, las cuales incluyen compuestos fenólicos, compuestos terpénicos, metabolitos primarios de plantas de naturaleza glucídica, lipídica, aminoacídica y purínica, prebióticos y probióticos, así como matrices alimentarias complejas. Patologías como las dislipidemias, la hipertensión arterial, la obesidad, la resistencia a la insulina, la diabetes mellitus tipo 2, el cáncer y las cardiopatías constituyen las mayores causas de muerte en el mundo, siendo en gran parte prevenibles a través de la alimentación, el ejercicio físico y un estilo de vida saludable. El objetivo de este trabajo fue concientizar al lector de la importancia y el potencial del desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos con la información ya existente en la literatura científica, su uso y prescripción.

Palabras clave: alimento funcional, nutraceutico, adulto mayor, antioxidante, fitoquímico.

Abstract

This review examines various naturally derived molecules, foods, and probiotics with potential applications in the prevention and treatment of diseases that predominantly affect elderly adults. Elderly adults constitute a vulnerable age group that, each year, represents an increasing proportion of Mexican and global population, and there are limited functional and nutraceuticals foods available. A vast number of bioactive molecules derived from foods have been investigated for their potential use in the formulation of functional foods and nutraceuticals. These include phenolic compounds, terpenic compounds, primary plant metabolites of carbohydrate, lipid, amino acid, and purine nature, as well as prebiotics, probiotics, and complex food matrices. Pathologies such as obesity, hypertension, dyslipidemia, insulin resistance, type 2 diabetes mellitus, cancer, and cardiovascular diseases are among the leading causes of mortality worldwide. However, these conditions are largely preventable through diet, physical activity, and a healthy lifestyle. The objective of this study is to raise awareness among readers about the importance and potential of developing functional foods and nutraceuticals based on existing scientific literature, their applications, and their appropriate use and prescription.

Keywords: functional food, nutraceutical, elderly, antioxidant, phytochemical.

Introducción

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen, de forma natural o añadida, componentes bioactivos como fitoquímicos (por ejemplo, compuestos fenólicos), prebióticos (como la fibra) o probióticos (como los lactobacilos), que ofrecen beneficios para la salud de los consumidores, más allá de sus propiedades nutricionales (Ramírez-Osorio et al., 2022). Aunque no hay una definición universalmente aceptada, los alimentos sólo se consideran funcionales si, además de su valor nutricional básico, ofrecen beneficios específicos para funciones fisiológicas en el cuerpo humano, mejorando la condición física y/o reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (Asgary et al., 2018).

Los alimentos funcionales siempre deben ser comercializados en presentación alimenticia (bebidas, galletas, extruidos, sopas, barritas, bollería, etcétera) y deben conferir efectos benéficos más allá de la nutrición básica brindada por los macronutrientes energéticos (lípidos, hidratos de carbono y proteínas) y micronutrientes (vitaminas y minerales/elementos) (Younas et al., 2020).

Los alimentos funcionales se pueden clasificar en diversas categorías, no obstante, aún no existe una clasificación unificada, al igual que no existe una sola definición para “alimento funcional”, sin embargo, se pueden clasificar según su función, así como el aparato o sistema al cual benefician o aportan: cardiovascular, neurológico, endocrino, inmune, óseo, etc. (Essa et al., 2023).

Asimismo, el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida en Europa (ILSI-Europe, por sus siglas en inglés) a través de su declaración y guía del “proceso para la evaluación científica en el soporte de declaraciones saludables en alimentos” (PASSCLAIM, por sus siglas en inglés) han dividido a los alimentos funcionales en ocho

grupos temáticos individuales (ITG, por sus siglas en inglés), según su funcionalidad fisiológica o fisiopatológica de la “A” a la “H” (PASSCLAIM, 2005; *PASSCLAIM – ILSI Europe*, s/f).

Los alimentos funcionales también se pueden clasificar según su procesamiento en no procesados (naturales) y procesados, así como según el tipo y grado de procesamiento que tengan (procesados, ultraprocesados, aspersión, extrusión, liofilización, cocción, extracción, etcétera) y según las modificaciones que se efectúen en los mismos: convencionales (alimentos no modificados que confieren beneficios a la salud como frutas, verduras, leguminosas, lácteos, granos enteros, oleaginosas, entre otros); modificados (fortificados, enriquecidos o mejorados para aumentar la cantidad de algún compuesto bioactivo presente, añadir algún compuesto bioactivo no presente originalmente o aumentar la biodisponibilidad, bioaccesibilidad, biodistribución o absorción de uno o varios compuestos bioactivos en el alimentos, respectivamente; como ejemplo se encuentran zumos de fruta con calcio, panes enriquecidos con folato, bebidas con extractos de plantas, bollería con beta-glucanos, yogures con probióticos y omega 3, entre muchos otros) y sintéticos, donde uno o varios de los ingredientes del alimento han sido sintetizados en el laboratorio, como es el caso de alimentos enriquecidos con fructanos derivados de la inulina de achicoria o agave, donde mediante métodos enzimáticos en el laboratorio se hidrolizan los polímeros de fructosa de la inulina para generar oligómeros de fructosa (fructanos) (Tupas et al., 2020).

También existen alimentos funcionales modificados donde uno o varios de sus componentes han sido eliminados o cambiados, por ejemplo, los azúcares por edulcorantes no calóricos, amilopectina por amilosa, almidones digeribles por almidones resistentes,

grasas y aceites por sustitutos de grasa con menos calorías, colesterol por fitoesteroles y fitoestanoles, entre muchas otras posibilidades (Essa et al., 2023).

Los nutraceuticos son compuestos o productos que promueven la salud y que han sido aislados o purificados de los alimentos, proporcionando un efecto positivo contra algunas enfermedades crónicas que se venden en una presentación farmacéutica de administración oral (pastillas, tabletas, píldoras, cápsulas, polvos) (Grochowicz et al., 2021).

Según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo Nueva Edición del segundo trimestre de 2022 (ENOE) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], s/f a), se estimó que había 17 958 707 personas de 60 años o más (adultos mayores). Esta cifra equivale al 14% de la población total del país (INEGI, s/f b; INEGI, 2022; INEGI, 2023).

Los adultos mayores presentan una alta incidencia y prevalencia de una gran cantidad de patologías tanto crónico-degenerativas como transmisibles, entre las que destacan enfermedades neoplásicas, neurodegenerativas, mayor susceptibilidad a enfermedades infectocontagiosas, diabetes mellitus tipo 2, dislipidemias, aterosclerosis, cardiovasculares, sarcopenia, osteoporosis, entre muchas otras (Song et al., 2023). Debido a esto, se torna imperante el diseño, desarrollo, evaluación biológica y clínica, así como la comercialización de alimentos funcionales y nutraceuticos dirigidos a los adultos mayores.

El objetivo de este trabajo fue concientizar al lector, sea profesional sanitario, estudiante, científico de alimentos, investigador o trabajador de la industria de los alimentos de la importancia y el potencial del desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos

con la información ya existente en la literatura científica, su uso y prescripción.

Salud ósea y alimentos funcionales

Los adultos mayores tienen un mayor riesgo de desarrollar osteopenia y osteoporosis. Según los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de los Estados Unidos, la osteopenia es una condición en la que la masa ósea o densidad mineral ósea (cantidad de mineral en una cierta cantidad de hueso) es más baja de lo normal. La osteopenia es una forma menos grave de pérdida ósea que la osteoporosis y suele preceder a su desarrollo (Ensrud & Crandall, 2024).

La osteoporosis es difícil de tratar y es incurable, solamente puede ralentizarse su progresión mediante el uso de medicamentos como los bifosfonatos, moduladores selectivos de los receptores estrogénicos y calcitriol (metabolito final y más bioactivo de la vitamina D), de los cuales muchos presentan efectos adversos y secundarios, por ende, resulta imprescindible la prevención de la misma mediante buenos hábitos alimenticios (con ingestas adecuadas de colecalciferol, ergocalciferol y calcio), ejercicio físico (estimula la diferenciación de osteocitos en osteoblastos y disminuye el número de osteoclastos), buena cantidad y calidad de sueño para mantener en niveles adecuados el cortisol, la melatonina y la somatotropina, así como un estilo de vida saludable con niveles bajos de estrés psicológico y emocional (Cosman et al., 2024).

Asimismo, el uso de alimentos funcionales que puedan reducir la resorción ósea o aumentar el proceso y la velocidad formativa de los huesos pueden desempeñar un rol muy importante en la prevención de la aparición de osteopenia y osteoporosis, así como de su progresión (Arnold et al., 2021).

Existen diversos alimentos, ingredientes y compuestos bioactivos provenientes de alimentos que pueden utilizarse para la produc-

ción de alimentos funcionales y nutracéuticos debido a sus propiedades sobre el sistema óseo y sistemas relacionados al proceso de osteogénesis, entre estos se encuentran aquellos de origen mineral como el calcio, magnesio, potasio, boro y cobre, los cuales son minerales necesarios para la síntesis de hidroxiapatita (constituido por cristales de fosfato cálcico en una matriz proteica) y hueso (Palacios, 2006).

Los productos lácteos como la leche, los quesos y el yogur también desempeñan un rol muy importante en la formación del hueso debido a su alto contenido de calcio, relación calcio-fósforo, péptidos bioactivos con capacidad osteogénica y caseína (proteína mayoritaria de la leche) (Pereira, 2014).

Diversas hierbas, infusiones, té y especias también han demostrado tener beneficios en la osteoporosis debido a la presencia de fitoquímicos en las mismas, entre ellas se encuentran la alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), cola de caballo (*Equisetum arvense*), frutas cítricas (género *Citrus*), cebolla (*Allium cepa*), té verde (*Camellia sinensis*), hierba epimedii (*Sagittate epimedium*), bayas silvestres (géneros *Vaccinium*, *Fragaria* y *Rubus*), ciruelas (diversas subespecies y variedades de *Prunus domestica*), resveratrol y cohosh negra (*Cimicifuga racemosa*) (Rajput et al., 2018).

Diabetes mellitus tipo 2 y alimentos funcionales

La diabetes tipo 2 (DMT2), es una forma de diabetes mellitus caracterizada por niveles elevados de glucosa sérica, una resistencia a la insulina y disminución de la producción y secreción de insulina (Cloete, 2022). Los síntomas frecuentes incluyen un incremento de la sed (polidipsia), aumento de las micciones (poliuria), aumento del apetito y la ingesta de alimentos consecuente (polifagia), fatiga y pérdida de peso inexplicable, sin

embargo, estos síntomas suelen ser más comunes en la diabetes de tipo 1 (DMT1) (American Diabetes Association Professional Practice Committee [ADAPPC], 2024).

Los síntomas también pueden incluir sensación de hormigueo (formicación, disestesias y parestesias) y llagas (heridas) que no cicatrizan; a menudo, los síntomas aparecen lentamente (Bielka et al., 2024). Las complicaciones a largo plazo del alto nivel de glucosa sérica incluyen enfermedad cardíaca, accidente cerebrovascular (ictus isquémico y hemorrágico), la retinopatía diabética que puede causar ceguera, la nefropatía diabética que puede llevar a insuficiencia renal y el flujo sanguíneo deficiente en las extremidades que puede resultar en amputaciones, todos como parte de una serie de afecciones micro y macrovasculares (ADAPPC, 2024).

Puede producirse la aparición repentina de un estado hiperglucémico hiperosmolar; sin embargo, la cetoacidosis es poco común (Cloete, 2022). Factores genéticos (hereditarios), medioambientales y conductuales (estilo de vida) intervienen en el desarrollo de la DMT2, entre los que se encuentran una alimentación inadecuada, la falta de ejercicio físico, cambios en el ritmo circadiano sueño-vigilia (dormir poco o sueño no reparador) y el estrés psicológico y emocional, entre otros (Ceriello & Prattichizzo, 2021).

La diabetes se ha convertido en un problema de salud pública global. La Organización Mundial de la Salud considera esencial educar a la población sobre la importancia de una vida más saludable, que incluya una mejor alimentación y ejercicio. De lo contrario, se estima que para 2025 podría haber alrededor de 380 millones de personas con diabetes en todo el mundo (Lovic et al., 2020).

En México, la diabetes tipo 2 afecta al 14,1% de la población mayor de 20 años, y su incidencia sigue aumentando debido a

cambios en los hábitos, como un estilo de vida más sedentario y un mayor consumo de alimentos menos nutritivos y con más calorías, lo que contribuye al aumento de personas con sobrepeso y obesidad. Además, la edad incrementa las probabilidades de desarrollar esta enfermedad (Gobierno de México, 2021). El 10% de las personas con diabetes pueden sufrir serias limitaciones visuales y el 2% puede llegar a la ceguera total. Asimismo, se ha observado que esta enfermedad es la principal causa de insuficiencia renal terminal, así como de complicaciones como la cetoacidosis diabética (lo que causa acidosis metabólica), la cual es más común en DMT1 (Morales-Franco et al., 2021).

Existen diversos compuestos bioactivos provenientes de alimentos que pueden utilizarse para la formulación y desarrollo de nutraceuticos y alimentos funcionales empleados en la prevención y la terapéutica de la DMT2, entre ellos se pueden mencionar compuestos encontrados en la dieta mediterránea, la cual goza de amplia evidencia científica y clínica en el manejo de la DMT2 (Martín-Peláez et al., 2020), los cuales son: ácidos grasos monoinsaturados como el omega 9 (ácido oleico) presente en el aceite de oliva (*Olea europaea* L.), compuestos fenólicos como el resveratrol (una clase de estilbeno) de las uvas y el vino tinto, el 5-hidroxitirosol (un alcohol fenólico), la apigenina (un flavonoide), el pinoresinol (un lignano), el ácido oleuropeínico y oleuropeína (secoiridoides) y el oleocantal (secoiridoides), ácido oleanólico y escualeno, siendo todos ellos provenientes del aceite de oliva extra virgen extraído en frío (Romani et al., 2019).

Estos compuestos han demostrado mejorar la actividad vascular endotelial y el perfil lipídico (triacilgliceroles, colesterol total y lipoproteínas de baja y alta densidad), así como aumentar los mecanismos antioxidan-

tes y antiinflamatorios debido de manera directa a su capacidad para ceder protones y electrones por sus grupos hidroxilo (OH) libres (Gorzynik-Debicka et al., 2018), y de manera indirecta a través de la quelación de metales en transición (los cuales son prooxidantes) y la inducción de la expresión de genes que codifican para enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa mediante la vía Nrf2 (factor 2 relacionado con el factor nuclear eritroide 2) que culmina con la expresión de ARE (elemento de respuesta antioxidante, por sus siglas en inglés) (Hidalgo-Lozada et al., 2024).

Asimismo, los terpenoides, esteroides y la fibra dietética soluble e insoluble juegan un rol primordial en el tratamiento y prevención de la DMT2 y sus comorbilidades y consecuencias clínicas (Ditano-Vázquez et al., 2019).

Existen compuestos herbolarios que han demostrado en variedad de ensayos clínicos mejorar la expresión clínica de la DMT2 (en signos, síntomas y biomarcadores), entre ellos se encuentran las catequinas, alcaloides, derivados de cafeoil, polifenoles y cafeína (y otras metilxantinas como la teofilina y la mateína) en los tés verde y negro (*Camellia sinensis*), la yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y el café (*Coffea arabica*) (Xu et al., 2018), los cuales han mostrado aumentar el gasto energético a través de un incremento del metabolismo basal mediado por la activación del tejido adiposo marrón por la UCP1 (proteína desacoplante tipo 1, por sus siglas en inglés) y la activación del sistema nervioso simpático que culmina con la liberación de catecolaminas (dopamina, noradrenalina y adrenalina), lo cual incrementa la frecuencia cardíaca, respiratoria y el consumo de oxígeno diatómico (O₂); disminuir la inflamación mediante la expresión de citocinas antiinflamatorias por parte de los linfocitos y macró-

fagos (células presentadoras de antígenos) como IL-4, IL-10, IL-13 (interleucinas) y TGF- β (factor de crecimiento transformante beta, por sus siglas en inglés), así como por la disminución en la síntesis de prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos proinflamatorios y resistina, favoreciendo la síntesis de resolvinas y prostaglandinas antiinflamatorias; disminución del estrés oxidativo y mejora del perfil lipídico (Alkhatib et al., 2017).

Cáncer y alimentos funcionales

El cáncer es un grupo de enfermedades que implican un crecimiento anormal (displasia, metaplasia y neoplasia) de células con el potencial de invadir o propagarse (metástasis) a otras partes del cuerpo (Siegel et al., 2024). Existen más de 100 tipos de cáncer que afectan al ser humano. El cáncer es la segunda causa principal de muerte a nivel mundial. Sin embargo, las tasas de supervivencia están mejorando para muchos tipos de cáncer, gracias a los avances en los exámenes de detección, los tratamientos y la prevención (Van Loon et al., 2022).

Los signos y síntomas abarcan una gran cantidad de manifestaciones clínicas y subclínicas que incluyen, pero no se limitan a fatiga, bultos o áreas de engrosamiento bajo la piel, cambios de peso no intencionales, alteraciones en la piel como pigmentación amarillenta, oscurecimiento o enrojecimiento, llagas que no sanan o cambios en los lunares existentes, cambios en los hábitos de evacuación de la vejiga o los intestinos, tos persistente o dificultad para respirar, dificultad para tragar, ronquera, indigestión persistente o malestar después de comer, dolor muscular o articular persistente sin causa aparente, fiebre o sudoraciones nocturnas persistentes sin una causa aparente, sangrado o hematomas sin causa aparente, entre muchos otros (Koo et al., 2020).

Los signos y síntomas también variarán según el tipo de cáncer y la evolución de este, así como de las particularidades de cada individuo. Según datos gubernamentales, en México, cada año se diagnostican más de 195 500 nuevos casos de cáncer, de los cuales casi el 60% corresponde a personas mayores de 65 años y un 30% a personas de 75 años, si se considera que los adultos mayores en México representan menos de 15% de la población total, se puede concluir que la incidencia y prevalencia de adultos mayores con cáncer es muy superior a aquella en menores de 60 años. Alrededor del 46% de los pacientes diagnosticados con cáncer fallece por esta causa, siendo la mortalidad aún mayor en adultos mayores (Secretaría de Salud, 2023).

En la actualidad, la mayoría de las moléculas de origen natural que se investigan por su acción anticancerígena incluyen mecanismos proapoptóticos y antioxidantes mediados por la expresión de diversos genes involucrados en la diferenciación, proliferación y crecimiento celulares (Naeem et al., 2022). Existe evidencia científica preclínica (*in vitro* e *in vivo*) y clínica, así como de estudios observacionales (cohortes y casos y controles) en los que una gran cantidad de moléculas provenientes de los alimentos, pueden ser usadas en la formulación de alimentos funcionales y nutraceuticos, que han demostrado efectos anticancerígenos, antimutagénicos y antiproliferativos en un gran abanico de tipos de cáncer (Khan & Uddin, 2021). En el cuadro 1, se presentan algunos compuestos presentes en alimentos con actividad anticancerígena.

También se han informado de actividades anticancerígena, proapoptótica y antiproliferativa en el cáncer colorrectal con el uso de carotenoides (compuestos terpénicos encontrados en muchas frutas, verduras y alimentos de origen marino), β -sitosterol (un fitoesterol que se encuentra en varios frutos

secos, frijoles, semillas, frutas y vegetales), saponinas y genisteína (Farinetti et al., 2017).

Asimismo, en el cáncer de próstata se han evidenciado efectos anticancerígenos y proapoptóticos del ácido gálico (un ácido fenólico de la serie hidroxibenzoica encontrado

en ciertas verduras y frutas especialmente, como las manzanas, peras, cerezas, melocotones, uvas, membrillos, entre otras), psoralidina (un cumestano prenilado encontrado en diversas frutas) y el licopeno (un carotenoide xantofílico presente en frutos como la sandía y el jitomate o *Solanum lycopersicum*) (Moran et al., 2022).

Cuadro 1. Compuestos en alimentos con actividad contra el cáncer

Compuesto	Tipo de compuesto y fuentes dietéticas	Tipo de cáncer y actividad	Referencia
Fucoxantina	Carotenoide encontrado en algas pardas	Cáncer de mama (actividad anticancerígena)	Terasaki et al., 2021
Punicalagina	Compuesto fenólico encontrado en la granada roja (<i>Punica granatum</i>)	Cáncer de mama (actividad anticancerígena)	Berdowska et al., 2021
Curcumina	Pigmento fenólico curcuminoide encontrado en la cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>)	Cáncer de mama (actividad proapoptótica)	Yin et al., 2022
Antocianinas	Pigmentos fenólicos flavonoides encontrados en bayas silvestres, maíces pigmentados, tubérculos pigmentados, etcétera	Cáncer de pulmón (actividad antiproliferativa)	Sánchez-Nuño et al., 2024
Triterpenoides	Compuestos terpénicos encontrados en una gran variedad de alimentos	Cáncer de pulmón (actividades anticancerígena y antiproliferativa)	El-Baba et al., 2021
Saponinas	Glucósidos de esteroides y triterpenoides encontrados en leguminosas, cereales, té (<i>Camellia sinensis</i>) y ajo (<i>Allium sativum</i>)	Cáncer de pulmón (actividades anticancerígena y proapoptótica)	Zhou et al., 2023
Genisteína	Fitoestrógeno perteneciente a las isoflavonas encontrado en la soya (<i>Glycine max</i>)	Cáncer de páncreas (actividad anticancerígena)	Bi et al., 2018
Garcinol	Benzofenona poliisoprenilada encontrada en <i>Garcinia cambogia</i>	Cáncer de páncreas (actividad antiproliferativa)	Saadat et al., 2018
Limonoides	Tetranortriterpenoides encontrados en cítricos	Cáncer de páncreas (actividad antiproliferativa)	Chidambara Murthy et al., 2021
Crocina	Carotenoide encontrado en flores de las especies <i>Crocus</i> y <i>Gardenia</i>	Cáncer de páncreas (actividad proapoptótica)	Subramaniam et al., 2019

Similar a lo antes mencionado, se han estudiado compuestos bioactivos con actividades proapoptósicos, antiproliferativas y antimetastásicas en el cáncer ovárico, entre los que se encuentran la corilagina (un elagitano encontrado en hojas de *P. granatum* y *Alchornea glandulosa*), el ácido gálico y el ácido elágico (un polifenol proveniente de *P. granatum*) (Čižmaríková et al., 2023).

En los cánceres sanguíneos como la leucemia también se han estudiado moléculas con capacidad antiapoptósica y anticancerígena como el galato de epigallocatequina (una catequina de éster de epigallocatequina y ácido gálico encontrado en todos los téis provenientes de *C. sinensis*) y la rosavina (un alcohol de cinamilo glucósido encontrado en la planta *Rhodiola rosea*) (Hayakawa et al., 2020).

Dislipidemias y alimentos funcionales

Una dislipidemia o dislipemia es un trastorno que afecta la cantidad o la calidad de los lípidos y lipoproteínas séricas (Pavía-López et al., 2022). El término se utiliza comúnmente para describir trastornos que incrementan el riesgo de enfermedades cardiovasculares, como la hipercolesterolemia, la hipertrigliceridemia y la disminución del colesterol asociado a lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Escamilla-Núñez et al., 2023).

Se estima que, en 2020, la prevalencia de dislipidemia en México fue del 36,7%. El 48,1% de la población informó haberse sometido a alguna prueba de detección, mientras que el 8,6% conocía su diagnóstico. El 28% de la población se identificó con dislipidemia, el 68,9% recibe tratamiento, el 50% es adherente al mismo y solo el 30% logró controlar la dislipidemia (Morales-Villegas et al., 2023).

La dislipidemia incrementa el riesgo de arterias obstruidas (aterosclerosis), infartos, derrames cerebrales (ictus hemorrágico e is-

quémico), trombosis y otras complicaciones del sistema circulatorio, especialmente en fumadores (Pavía-López et al., 2022). En los adultos, la dislipidemia suele estar asociada con la obesidad, una dieta poco saludable y el bajo nivel de actividad física (Morales-Villegas et al., 2023).

La dislipidemia generalmente no presenta síntomas y su tratamiento médico se centra en la terapia nutricional, la realización de ejercicio físico y, en casos más graves, el uso de fármacos hipolipemiantes que incluyen hipocolesterolemiantes e hipotrigliceridemiantes como las estatinas y los bezafibratos, respectivamente (Pavía-López et al., 2022).

Los adultos mayores presentan una mayor prevalencia e incidencia de dislipidemias, asimismo, el pronóstico es menos favorable para este grupo etario (Escamilla-Núñez et al., 2023). Debido a que en ocasiones resulta difícil implementar un régimen dietético o nutricional, así como el aumento de la actividad física debido al costo económico, el tiempo limitado por otras actividades como el cuidado de dependientes y el trabajo, por lo que el diseño y desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos dirigidos a regular los niveles de lípidos y lipoproteínas séricas resulta una alternativa prudente y viable para las personas, especialmente los adultos mayores con este trastorno (Shatylo et al., 2007).

Se han investigado una gran cantidad de alimentos, ingredientes y derivados de éstos para su uso en la prevención y el tratamiento de las dislipidemias, entre ellos figuran la berberina, la cual ha demostrado disminuir un 15% las LDL (lipoproteínas de baja densidad) con una dosis de 500 a 1 500 mg/día, responsables de transportar el colesterol del hígado a la sangre, aumentando la expresión de los receptores LDL, inhibiendo la absorción entérica del colesterol, aumentando a su

vez la renovación de colesterol y la síntesis de ácidos biliares (Wang et al., 2024).

La berberina puede llegar a presentar leves efectos adversos gastroentéricos (Nie et al., 2024). La bergamota (*Citrus bergamia*) ha demostrado disminuir la generación hepática del colesterol, a través de la inhibición de la hidroximetilglutaril-coenzima A (HMG-CoA) reductasa (un blanco terapéutico frecuente de los medicamentos hipolipemiantes), así como también inhibir la generación de los ésteres de colesterol y reducir la capacidad absorptiva entérica del colesterol (Nauman & Johnson, 2019). No se han detectado efectos adversos de la bergamota (Pierdomenico et al., 2023).

También se han investigado los esteroides y estanoles vegetales para el tratamiento de las hipocolesterolemias, mostrando una reducción del 12% en el colesterol LDL al inhibir su absorción entérica y la síntesis de los ésteres de colesterol (Barkas et al., 2023). Los esteroides y estanoles podrían afectar marginalmente la absorción de las vitaminas liposolubles, asimismo no están indicados en personas con sitosterolemia (una enfermedad autosómica recesiva extremadamente rara que genera un aumento excesivo de los niveles de esteroides y estanoles séricos) (Rocha et al., 2023).

La fibra soluble también ha demostrado disminuir el colesterol y las LDL séricos en un rango del 7% al 15%; existen una gran cantidad de tipos de fibras solubles entre las que destacan las pectinas, fibra de avena, glucomananos, *Psyllium*, gomas y agares (Schoeneck & Iggman, 2021). Las fibras solubles reducen la capacidad absorptiva entérica del colesterol y aumentan la Segregación de los ácidos biliares. Sus efectos adversos suelen ser leves y no se presentan en todos los individuos, entre ellos destacan las alteraciones gastrointestinales como la distensión abdominal y flatulencias, así como una posible reducción de la absorbencia

de las vitaminas liposolubles y el calcio por parte del glucomanano (Soliman, 2019).

La levadura roja proveniente del arroz ha mostrado disminuir significativamente el colesterol y las LDL en un rango del 10% al 25%, esto gracias a su contenido en monacolina K (dosis de 3 a 10 mg/día), un compuesto similar a las estatinas, inhibiendo la formación hepática del colesterol mediante la inhibición de la HMG-CoA reductasa (Minamizuka et al., 2021); no obstante, a dosis altas, se pueden presentar efectos secundarios en individuos poco intolerantes a los fármacos estatinas por depleción de la coenzima Q10, algo similar a lo que sucede por el uso prolongado de estatinas (National Center for Complementary and Integrative Health [NCCIH], 2019).

Hipertensión arterial y alimentos funcionales

La hipertensión arterial (HTA) es una enfermedad crónica que se caracteriza por un aumento continuo de los niveles de presión sanguínea arterial sistólica y/o diastólica por encima de los límites sobre los cuales aumenta el riesgo cardiovascular (Tousoulis, 2020).

Según el Gobierno de México (2023), se estima que en México más de 30 millones de personas padecen hipertensión arterial, lo que equivale a una de cada cuatro personas. Además, el 46% de ellas desconoce que tiene esta condición. La hipertensión arterial sistémica (HAS) está definida como el aumento de la presión sistólica ≥ 130 mmHg (milímetros de mercurio) y la presión diastólica ≥ 80 mmHg (Silva et al., 2022).

Su incidencia y prevalencia incrementa dramáticamente con el paso de los años, por lo cual se torna imperativo el desarrollo y la implementación de nuevas estrategias para su prevención y tratamiento, entre las que destacan el diseño, desarrollo y utilización de alimentos funcionales y nutraceuticos

elaborados a partir de alimentos e ingredientes con potenciales terapéuticos (Tousoulis, 2020).

El tratamiento no medicamentoso de la HTA incluye seguir una dieta saludable para el corazón con menos sal (ya que el sodio aumenta la presión arterial), hacer ejercicio regularmente, mantener un peso saludable o perder peso, limitar el consumo de alcohol, no fumar y dormir de 7 a 9 horas diarias. Mientras tanto, las intervenciones medicamentosas incluyen el uso de diversos tipos de diuréticos (tiazídicos, de asa y ahorradores de potasio), los inhibidores de la ECA (enzima convertidora de angiotensina), los antagonistas de receptores de angiotensina II, los bloqueadores de los canales de calcio, entre otros, todos los cuales han demostrado tener efectos secundarios y adversos indeseables (Mancia et al., 2023).

Es por ello que ha surgido la investigación de compuestos funcionales encontrados en alimentos y hierbas, como los lácteos (Feng et al., 2022), la canela (Mohammadabadi & Jain, 2024), la linaza (Kunutsor et al., 2025), el ajo (Sleiman et al., 2024), el betabel (Grönroos et al., 2024) y la albahaca (Alegría-Herrera et al., 2019), con potencial antihipertensivo, entre los que figuran la vitamina D3 (colecalfiferol), la cual en dosis de 400-800 UI (unidades internacionales) por día ha demostrado regular los niveles de colecalfiferol sérico y, en consecuencia, modular la expresión de genes relacionados con la presión arterial (Latic & Erben, 2020); los ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3, principalmente los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) (Brosolo et al., 2023), en dosis diarias de 3-4 g, han probado mejorar la disfunción endotelial e influir positivamente en la frecuencia cardíaca (FC) en reposo, así como en la variabilidad de la FC, el ritmo cardíaco, la remodelación car-

díaca y las funciones de los canales iónicos cardíacos (Song et al., 2024).

La vitamina E (tocoferoles y tocotrienoles) ha mostrado ejercer la vasodilatación dependiente del endotelio, mejorar la función endotelial y disminuir la presión sistólica con dosis de 200-400 UI/día (Zhang et al., 2023).

Alimentos funcionales y nutraceuticos en la obesidad y la inflamación y estrés oxidativo generado por la hiperadiposidad

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OPS/OMS, 2024), la obesidad es una enfermedad crónica compleja caracterizada por una acumulación excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Puede aumentar el riesgo de diabetes tipo 2 y enfermedades cardíacas, afectar la salud ósea y reproductiva, y elevar el riesgo de ciertos tipos de cáncer. Además, la obesidad influye en la calidad de vida, afectando el sueño y la movilidad.

De acuerdo con la misma OMS, el diagnóstico del sobrepeso y la obesidad se realiza midiendo el peso y la estatura de las personas y calculando el índice de masa corporal (IMC): $\text{peso (kg)} / \text{estatura}^2 (\text{m}^2)$. Este índice es un indicador indirecto de la grasa corporal, y existen mediciones adicionales, como el perímetro de la cintura, que pueden ayudar a diagnosticar la obesidad. La obesidad se diagnostica con IMC igual o superior a 30 (OMS, 2024).

Datos de la OMS arrojaron que, en 2022, una de cada ocho personas en el mundo tenía obesidad (OMS, 2024). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2018), en México del total de adultos de 20 años y más, 39,1% tienen sobrepeso y 36,1% obesidad, dando un total del 75,2%, siendo a mayor edad mayor la prevalencia de obesidad, por lo cual resulta imperativo desarrollar nuevas estrategias

para su prevención y tratamiento, entre las que figuran el desarrollo y utilización de alimentos funcionales y nutracéuticos.

El tratamiento de la obesidad es muy complejo, entre los métodos que se usan se encuentran los dietéticos, ejercicio físico, cambios en el estilo de vida y asistencia psicológica, en caso de no resultar suficientes se emplean medicamentos, mientras que sólo en casos graves se considera la cirugía (Kloock et al., 2023). La acumulación excesiva de grasa en el cuerpo también puede denominarse hiperadiposidad, la cual acarrea cambios inmunológicos, aumentando la inflamación y el estrés oxidativo, lo cual culmina con el desarrollo de un gran número de patologías (Fernández-Sánchez et al., 2011).

Los compuestos bioactivos que han demostrado tener efectos benéficos sobre la obesidad incluyen los lignanos de la avena (*Avena sativa*) a dosis de 30 g por día, los cuales tienen un efecto hipocolesterolémico al disminuir la formación del colesterol endógeno debido a la inhibición de la HMG-CoA reductasa, por efecto de la microbiota colónica y la síntesis del propionil-CoA (Chu et al., 2023). El ácido lipoico cuenta con una alta capacidad antioxidante, a dosis de 600-800 mg/día, que disminuye la glicosilación en los receptores de membrana de las neuronas, alargando así su vida útil y disminuyendo la probabilidad de desarrollar enfermedades neurodegenerativas (Abubaker et al., 2022).

El ácido ascórbico (vitamina C) a dosis de 500-1 000 mg/día ha demostrado poseer una alta capacidad antioxidante que modula el estado redox en el cuerpo, la expresión del citocromo p450 y la expresión de procógeno $\alpha 1$ y $\alpha 2$, así como la inhibición de la collagenasa IV y metaloproteasa-2, por lo cual mejora y aumenta la reparación y regeneración tisulares, disminuyendo el riesgo de procesos fibróticos (Pullar et al., 2017). El α -tocoferol (vitamina E) a dosis de 400-800

mg/día ha demostrado tener una alta capacidad antioxidante al disminuir significativamente la peroxidación lipídica membranar y la generación en el hígado del colesterol mediante la represión de la HMG-CoA reductasa (Miyazawa et al., 2019).

La coenzima Q10 ha probado tener una capacidad antioxidante significativa a dosis de 100-200 mg/día, mediante la intervención en la regeneración de la vitamina E y en la eliminación de radicales peroxilo y alcóxilo, también reduce los niveles de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Arenas-Jal et al., 2020). La chía (*Salvia hispánica* L.) triturada (25 g/día) y el omega 3 (2-3 g/día), han mostrado efectos lipotrópicos y antiinflamatorios al aumentar la síntesis endógena de prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos de serie antiinflamatoria, en detrimento de aquellos de serie proinflamatoria, así como estimular la oxidación de ácidos grasos para obtener energía a partir de la expresión de PPAR α (Khalid et al., 2023).

Diversos probióticos se han usado en estudios experimentales, incluyendo ensayos clínicos, con la finalidad de coadyuvar en la terapéutica de la obesidad y diversas enfermedades asociadas, entre estos probióticos figuran *Lactiplantibacillus plantarum* en dosis de 5×10^{10} UFC (unidades formadoras de colonias) por día y varias especies del género *Lactobacillus* (2.4×10^9 UFC/día) con efectos inmunomoduladores, reduciendo la adiposidad y el peso corporal por efectos antiinflamatorios generados por recambio de la microbiota intestinal alterada (Cai et al., 2022).

Asimismo, *Lactobacillus gasseri* SBT-2055 ha demostrado reducir la adiposidad y el peso corporal en adultos con obesidad (5×10^{10} UFC/día) (Shirouchi et al., 2016). *Lactocaseibacillus rhamnosus* CGMCC1.3724 generó reducción del peso en masa grasa de adultos con obesidad a una dosis de $1,6 \times 10^8$ UFC/día durante 36 semanas

(Sanchez et al., 2014). La combinación de *Lactobacillus acidophilus* La5 con *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb12 demostró reducir la glucosa en ayunas e incrementar el índice HOMA en adultos con sobrepeso (3×10^9 UFC/día durante 6 semanas) (Rezazadeh et al., 2021). La combinación de *L. acidophilus* La5, *B. lactis* Bb12 y *Lactobacillus casei* DN001 redujo el índice de masa corporal (IMC) y los niveles de leptina en adultos con obesidad (10^8 UFC/día durante 8 semanas) (Zarrati et al., 2013). Mientras tanto, *L. plantarum* redujo el IMC en adultos con obesidad (5×10^{10} UFC/día durante 3 semanas) (Rahayu et al., 2021).

Debido a esto, el uso de probióticos puede resultar una estrategia muy interesante para el desarrollo de alimentos funcionales,

principalmente fermentados, así como la adición de prebióticos para aumentar su eficacia, supervivencia en el producto y el tracto gastrointestinal, así como su viabilidad, no obstante, se debe tener cuidado al momento de procesar el alimento, ya que los probióticos son altamente susceptibles a los cambios de temperatura (termolábiles) y pH, por lo cual se pueden buscar distintas estrategias como el microencapsulado para disminuir las pérdidas logarítmicas de probióticos (Sbehat et al., 2022).

En el cuadro 2, se resumen y describen las moléculas derivadas de alimentos, ingredientes, especias y hierbas con uso potencial para el diseño de alimentos funcionales y nutraceuticos y sus posibles usos en diversas patologías, aparatos y sistemas fisiológicos.

Cuadro 2. Moléculas derivadas de alimentos, ingredientes, especias y hierbas para el diseño de alimentos funcionales y nutraceuticos y sus posibles usos en diversas patologías, aparatos y sistemas fisiológicos

Enfermedad/ aparato/sistema	Moléculas	Alimentos/ingredientes	Referencias
Salud ósea, osteopenia, osteoporosis	Colecalciferol (vitamina D3), calcio, resveratrol, antocianinas	Leche y derivados fermentados (quesos y yogur), alfalfa, trébol rojo, cola de caballo, frutas cítricas, cebolla (blanca y morada), té verde, hierba epimedii, bayas silvestres (fresas, zarzamoras, moras, frambuesas), ciruelas, cohosh negra	Argyrou et al., 2020; Barber et al., 2022; Latic & Erben, 2020; Lee et al., 2017; Sánchez-Nuño et al., 2024
Diabetes mellitus tipo 2, resistencia a la insulina, síndrome metabólico	Ácido oleico, resveratrol, 5-hidroxitirosol, apigenina, pinoresinol, ácido oleuropeínico, oleuropeína, oleocantal, ácido oleanólico, escualeno, esteroides vegetales (fitoesteroides y fitoestanoles), fibras solubles (pectina, gomas y mucílagos), terpenoides (como los carotenoides), cromo, metilxantinas, ácido clorogénico, teofilina, catequinas, berberina	Aceite de oliva (extra virgen y con extracción en frío), uvas, vino tinto, leguminosas (frijoles, lentejas, habas, soya y garbanzos), bayas silvestres, arándanos, té verde, té negro, café, yerba mate	Barber et al., 2022; Barkas et al., 2023; Ditano-Vázquez et al., 2019; Schoeneck & Iggman, 2021; Marangoni et al., 2020; Soliman, 2019

Continúa...

...Continuación

Cuadro 2. Moléculas derivadas de alimentos, ingredientes, especias y hierbas para el diseño de alimentos funcionales y nutraceuticos y sus posibles usos en diversas patologías, aparatos y sistemas fisiológicos

Enfermedad/ aparato/sistema	Moléculas	Alimentos/ingredientes	Referencias
Cáncer, neoplasias	Fucoxantina, punicalagina, ácido elágico, curcumina, organosulfurados, sulforafano, antocianinas, triterpenoides, saponinas, fitoestrógenos (genisteína y daidzeína), garcinol, limonoides, crocina, carotenoides, β -sitosterol, ácido gálico, psoralidina, licopeno, corilagina, rosavina, galato de epigallocatequina	Granada roja, cúrcuma, ajo, té verde, leguminosas, cereales enteros, avena, soya, bayas silvestres, aceite de oliva, crucíferas (brócoli, col, coliflor, repollo), cítricos (limón, lima, naranja, mandarina y toronja), oleaginosas (nueces y almendras), <i>Rhodiola rosea</i>	Bi et al., 2018; Chidambara Murthy et al., 2021; Čižmaríková et al., 2023; Hayakawa et al., 2020; Moran et al., 2022; Subramaniam et al., 2019
Dislipemias	Berberina, fitoesteroles, fitoestanoles, fibra soluble (pectina, mucílagos, almidones resistentes, agares, gomas, glucanos y fructanos), glucomananos, monacolina K, omega 3 (ALA, EPA y DHA), aliina, alicina, organosulfurados	Bergamota, avena, <i>Psyllium</i> , levadura roja de arroz, pescados de aguas frías (atún, sardina, bacalao, arenque) y sus aceites, ajo, cebolla	Minamizuka et al., 2021; Nauman & Johnson, 2019; Song et al., 2024
Hipertensión arterial	Colecalciferol (vitamina D3), ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (EPA y DHA), tocotrienoles y tocoferoles (vitamina E), L-teanina, epigallocatequina-3-galato	Té verde, lácteos y derivados fermentados (como yogur y quesos), atún, sardinas, bacalao, arenque, caballa, aceite de oliva, aceite de maíz, semillas de calabaza, semillas de girasol, nueces, almendras	Alam, 2019; Brosolo et al., 2023; Latic & Erben, 2020; Song et al., 2024; Zhang et al., 2023
Inflamación y estrés oxidativo	Ácido alfa-lipoico, ácido ascórbico (vitamina C), α -tocopherol (vitamina E), coenzima Q10, ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (ALA, EPA y DHA), <i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i>	Chía, semilla de linaza, atún, sardinas, bacalao, arenque, caballa, aceite de oliva, nueces, almendras, frutas cítricas, aceite de maíz, aceite de canola	Arenas-Jal et al., 2020; Lee et al., 2017; Miyazawa et al., 2019; Power et al., 2022; Shahcheraghi et al., 2023
Obesidad	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus gasseri</i> SBT2055, <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> CGMCC1.3724, <i>Lactobacillus acidophilus</i> La5, <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> Bb12, <i>Lactobacillus casei</i> DN001	Alimentos fermentados y adicionados con probióticos (yogur, chucrut, tejuino, vino tinto, etcétera)	Cai et al., 2022; Rahayu et al., 2021; Rezazadeh et al., 2021; Shirouchi et al., 2016; Zarrati et al., 2013

Conclusiones

1. Como es posible leer a lo largo de este texto, existen muchas moléculas bioactivas con capacidad de prevenir y/o tratar diversas patologías o trastornos, por lo cual una sola molécula podría acarrear mejoras orgánicas y funcionales en un gran espectro de situaciones fisiopatológicas. El diseño de alimentos funcionales y nutraceuticos es un trabajo arduo que requiere de un equipo multidisciplinario, asimismo requieren encontrar las mejores maneras para procesar el alimento, almacenarlo, transportarlo, así como la utilización de una matriz alimentaria idónea en el caso de los alimentos funcionales, todo esto con la finalidad de conservar viables y funcionales los compuestos bioactivos del alimento funcional.

2. En el caso de los nutraceuticos, es necesario utilizar la presentación farmacéutica más adecuada para la administración del compuesto bioactivo, ya que dependerá de sus características fisicoquímicas y de su interacción con el tracto gastrointestinal, si se usara tableta, polvo, cápsula, gel, etcétera, todo según la susceptibilidad de la molécula a ser degradada por el ácido gástrico, saliva, jugos pancreáticos y biliares, proteasas, amilasas, entre muchos otros factores.

3. El área de desarrollo y evaluación de alimentos funcionales y nutraceuticos es un área en constante crecimiento, bastante prometedora y que puede representar grandes oportunidades para prevenir y tratar las patologías de mayor prevalencia e incidencia en México y el mundo, por lo cual, se requiere un mayor énfasis investigativo, práctico y clínico, así como de transferencia tecnológica en la búsqueda y evaluación de nuevas moléculas y alimentos con capacidad funcional.

Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento de ningún tipo para la realización de este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores se declaran libres de conflicto de interés.

Descargo de responsabilidad

Los distintos usos que se hagan de la información expuesta en este artículo no son responsabilidad de los autores ni de la revista, ya que en diversas ocasiones la información sobre los compuestos bioactivos aquí mostrados es de carácter experimental y/o preclínico (*in vitro* o *in vivo*), debido a que mucha de ella aún requiere la efectuación de ensayos clínicos rigurosos. Es responsabilidad del lector informarse con su médico o algún profesional sanitario competente previo al uso de cualquier molécula o microorganismo aquí expuesto.

Referencias

- Abubaker, S. A., Alonazy, A. M., & Abdulrahman, A. (2022). Effect of Alpha-Lipoic Acid in the Treatment of Diabetic Neuropathy: A Systematic Review. *Cureus*, 14(6), e25750. <https://doi.org/10.7759/cureus.25750>
- Alam, Md. A. (2019). Anti-hypertensive Effect of Cereal Antioxidant Ferulic Acid and Its Mechanism of Action. *Frontiers in Nutrition*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2019.00121>
- Alegría-Herrera, E., Herrera-Ruiz, M., Román-Ramos, R., Zamilpa, A., Santillán-Urquiza, M. A., Aguilar, M. I., Avilés-Flores, M., Fuentes-Mata, M., & Jiménez-Ferrer, E. (2019). Effect of *Ocimum basilicum*, *Ocimum selloi*, and Rosmarinic Acid on Cerebral Vascular Damage in a Chronic Hypertension Model. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 42(2), 201–211. <https://doi.org/10.1248/bpb.b18-00574>
- Alkhatib, A., Tsang, C., Tiss, A., Bahorun, T., Arefanian, H., Barake, R., Khadir, A., &

- Tuomilehto, J. (2017). Functional Foods and Lifestyle Approaches for Diabetes Prevention and Management. *Nutrients*, 9(12), 1310. <https://doi.org/10.3390/nu9121310>
- American Diabetes Association Professional Practice Committee. (2024). 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care*, 47(Suppl 1), S20–S42. <https://doi.org/10.2337/dc24-S002>
- Arenas-Jal, M., Suñé-Negre, J. M., & García-Montoya, E. (2020). Coenzyme Q10 supplementation: Efficacy, safety, and formulation challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 574–594. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12539>
- Argyrou, C., Karlafti, E., Lampropoulou-Adamidou, K., Tournis, S., Makris, K., Trovas, G., Dontas, I., & Triantafyllopoulos, I. K. (2020). Effect of calcium and vitamin D supplementation with and without collagen peptides on bone turnover in postmenopausal women with osteopenia. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 20(1), 12–17. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7104583/>
- Arnold, M., Rajagukguk, Y. V., & Gramza-Michałowska, A. (2021). Functional Food for Elderly High in Antioxidant and Chicken Eggshell Calcium to Reduce the Risk of Osteoporosis-A Narrative Review. *Foods*, 10(3), 656. <https://doi.org/10.3390/foods10030656>
- Asgary, S., Rastqar, A., & Keshvari, M. (2018). Functional Food and Cardiovascular Disease Prevention and Treatment: A Review. *Journal of the American College of Nutrition*, 37(5), 429–455. <https://doi.org/10.1080/07315724.2017.1410867>
- Barber, T. M., Kabisch, S., Randeva, H. S., Pfeiffer, A. F. H., & Weickert, M. O. (2022). Implications of Resveratrol in Obesity and Insulin Resistance: A State-of-the-Art Review. *Nutrients*, 14(14), 2870. <https://doi.org/10.3390/nu14142870>
- Barkas, F., Bathrellou, E., Nomikos, T., Panagiotakos, D., Liberopoulos, E., & Kontogianni, M. D. (2023). Plant Sterols and Plant Stanols in Cholesterol Management and Cardiovascular Prevention. *Nutrients*, 15(13), 2845. <https://doi.org/10.3390/nu15132845>
- Berdowska, I., Matusiewicz, M., & Fecka, I. (2021). Punicalagin in Cancer Prevention-Via Signaling Pathways Targeting. *Nutrients*, 13(8), 2733. <https://doi.org/10.3390/nu13082733>
- Bi, Y.-L., Min, M., Shen, W., & Liu, Y. (2018). Genistein induced anticancer effects on pancreatic cancer cell lines involves mitochondrial apoptosis, G0/G1cell cycle arrest and regulation of STAT3 signalling pathway. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 39, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.12.001>
- Bielka, W., Przekaz, A., Molęda, P., Pius-Sadowska, E., & Machaliński, B. (2024). Double diabetes-when type 1 diabetes meets type 2 diabetes: Definition, pathogenesis and recognition. *Cardiovascular Diabetology*, 23(1), 62. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02145-x>
- Brosolo, G., Da Porto, A., Marcante, S., Picci, A., Capilupi, F., Capilupi, P., Bertin, N., Vivarelli, C., Bulfone, L., Vacca, A., Catena, C., & Sechi, L. A. (2023). Omega-3 Fatty Acids in Arterial Hypertension: Is There Any Good News? *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9520. <https://doi.org/10.3390/ijms24119520>
- Cai, H., Wen, Z., Zhao, L., Yu, D., Meng, K., & Yang, P. (2022). *Lactobacillus plantarum* FRT4 alleviated obesity by modulating gut microbiota and liver metabolome in high-fat diet-induced obese mice. *Food & Nutrition Research*, 66. <https://doi.org/10.29219/fnr.v66.7974>
- Ceriello, A., & Prattichizzo, F. (2021). Variability of risk factors and diabetes complications. *Cardiovascular Diabetology*, 20(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01289-4>
- Chidambara Murthy, K. N., Jayaprakasha, G. K., Safe, S., & Patil, B. S. (2021). Citrus limonoids induce apoptosis and inhibit the proliferation of pancreatic cancer cells. *Food & Function*, 12(3), 1111–1120. <https://doi.org/10.1039/d0fo02740e>
- Chu, Z., Hu, Z., Luo, Y., Zhou, Y., Yang, F., & Luo, F. (2023). Targeting gut-liver axis by dietary lignans ameliorate obesity: Evidences and mechanisms. *Critical Reviews in Food Science*

- and *Nutrition*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2272269>
- Čižmaríková, M., Michalková, R., Mirossay, L., Mojžišová, G., Zigová, M., Bardelčíková, A., & Mojžiš, J. (2023). Ellagic Acid and Cancer Hallmarks: Insights from Experimental Evidence. *Biomolecules*, 13(11), 1653. <https://doi.org/10.3390/biom13111653>
- Cloete, L. (2022). Diabetes mellitus: An overview of the types, symptoms, complications and management. *Nursing Standard*, 37(1), 61–66. <https://doi.org/10.7748/ns.2021.e11709>
- Cosman, F., Langdahl, B., & Leder, B. Z. (2024). Treatment Sequence for Osteoporosis. *Endocrine Practice: Official Journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*, 30(5), 490–496. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2024.01.014>
- Ditano-Vázquez, P., Torres-Peña, J. D., Galeano-Valle, F., Pérez-Caballero, A. I., Demelo-Rodríguez, P., Lopez-Miranda, J., Katsiki, N., Delgado-Lista, J., & Alvarez-Sala-Walther, L. A. (2019). The Fluid Aspect of the Mediterranean Diet in the Prevention and Management of Cardiovascular Disease and Diabetes: The Role of Polyphenol Content in Moderate Consumption of Wine and Olive Oil. *Nutrients*, 11(11), 2833. <https://doi.org/10.3390/nu11112833>
- El-Baba, C., Baassiri, A., Kiriako, G., Dia, B., Fadlallah, S., Moodad, S., & Darwiche, N. (2021). Terpenoids' anti-cancer effects: Focus on autophagy. *Apoptosis: An International Journal on Programmed Cell Death*, 26(9–10), 491–511. <https://doi.org/10.1007/s10495-021-01684-y>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. (2018). *Informe de Resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición – 2018*. ENSANUT. <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php>
- Ensrud, K. E., & Crandall, C. J. (2024). Osteoporosis. *Annals of Internal Medicine*, 177(1), ITC1–ITC16. <https://doi.org/10.7326/AITC202401160>
- Escamilla-Núñez, M. C., Castro-Porras, L., Romero-Martínez, M., Zárate-Rojas, E., & Rojas-Martínez, R. (2023). Detección, diagnóstico previo y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles en adultos mexicanos. *Ensanut 2022 Salud Publica De Mexico*, 65, s153–s162. <https://doi.org/10.21149/14726>
- Essa, M. M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S. B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindarajan, N., Freidland, R. P., & Qoronfle, M. W. (2023). Functional foods and their impact on health. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 820–834. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>
- Farinetti, A., Zurlo, V., Manenti, A., Coppi, F., & Mattioli, A. V. (2017). Mediterranean diet and colorectal cancer: A systematic review. *Nutrition*, 43–44, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.06.008>
- Feng, Y., Zhao, Y., Liu, J., Huang, Z., Yang, X., Qin, P., Chen, C., Luo, X., Li, Y., Wu, Y., Li, X., Huang, H., Hu, F., Hu, D., Liu, Y., & Zhang, M. (2022). Consumption of Dairy Products and the Risk of Overweight or Obesity, Hypertension, and Type 2 Diabetes Mellitus: A Dose-Response Meta-Analysis and Systematic Review of Cohort Studies. *Advances in Nutrition*, 13(6), 2165–2179. <https://doi.org/10.1093/advances/nmac096>
- Fernández-Sánchez, A., Madrigal-Santillán, E., Bautista, M., Esquivel-Soto, J., Morales-González, A., Esquivel-Chirino, C., Durante-Montiel, I., Sánchez-Rivera, G., Valadez-Vega, C., & Morales-González, J. A. (2011). Inflammation, oxidative stress, and obesity. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(5), 3117–3132. <https://doi.org/10.3390/ijms12053117>
- Gobierno de México. (31 de marzo de 2023). *En México, más de 30 millones de personas padecen hipertensión arterial: Secretaría de Salud*. Secretaría de Salud-Blog. gob.mx. <http://www.gob.mx/salud/articulos/en-mexico-mas-de-30-millones-de-personas-padecen-hipertension-arterial-secretaria-de-salud>
- Gobierno de México. (5 de octubre de 2021). *Conoce más de la diabetes para proteger y cuidar tu salud*. Diabetes en México. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de <http://www.gob.mx/promosalud/acciones-y-programas/diabetes-en-mexico-284509>
- Gorzynik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Marino Gammazza, A.,

- Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 686. <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>
- Grochowicz, J., Fabisiak, A., & Ekielski, A. (2021). Importance of physical and functional properties of foods targeted to seniors. *Journal of Future Foods*, 1(2), 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.01.004>
- Grönroos, R., Eggertsen, R., Bernhardsson, S., & Praetorius Björk, M. (2024). Effects of beetroot juice on blood pressure in hypertension according to European Society of Hypertension Guidelines: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 34(10), 2240–2256. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2024.06.009>
- Hayakawa, S., Ohishi, T., Miyoshi, N., Oishi, Y., Nakamura, Y., & Isemura, M. (2020). Anti-Cancer Effects of Green Tea Epigallocatechin-3-Gallate and Coffee Chlorogenic Acid. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(19), 4553. <https://doi.org/10.3390/molecules25194553>
- Hidalgo-Lozada, G. M., Villarruel-López, A., Nuño, K., García-García, A., Sánchez-Nuño, Y. A., & Ramos-García, C. O. (2024). Clinically Effective Molecules of Natural Origin for Obesity Prevention or Treatment. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijms25052671>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (30 de septiembre de 2022). *Estadísticas a propósito del Día Internacional de las Personas Adultas Mayores*. Sala de prensa. Recuperado el 18 de marzo de 2025, de <https://inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia/7657>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (18 de abril de 2023). Mexico—*Censo de población y vivienda 2020*. Red Nacional de Metadatos. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s/f a). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad*. Información demográfica y social. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s/f b). *Población. Demografía y Sociedad*. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/#publicaciones>
- Khalid, W., Arshad, M. S., Aziz, A., Rahim, M. A., Qaisrani, T. B., Afzal, F., Ali, A., Ranjha, M. M. A. N., Khalid, M. Z., & Anjum, F. M. (2023). Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): A therapeutic weapon in metabolic disorders. *Food Science & Nutrition*, 11(1), 3–16. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3035>
- Khan, A. Q., & Uddin, S. (2021). Anticancer Activity of Natural Compounds. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 22(S1), 1–2. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2021.22.S1.1>
- Kloock, S., Ziegler, C. G., & Dischinger, U. (2023). Obesity and its comorbidities, current treatment options and future perspectives: Challenging bariatric surgery? *Pharmacology & Therapeutics*, 251, 108549. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2023.108549>
- Koo, M. M., Swann, R., McPhail, S., Abel, G. A., Elliss-Brookes, L., Rubin, G. P., & Lyratzopoulos, G. (2020). Presenting symptoms of cancer and stage at diagnosis: Evidence from a cross-sectional, population-based study. *The Lancet. Oncology*, 21(1), 73–79. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30595-9](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30595-9)
- Kunutsor, S. K., Jassal, D. S., Ravandi, A., & Lehoczki, A. (2025). Dietary flaxseed: Cardiometabolic benefits and its role in promoting healthy aging. *GeroScience*. <https://doi.org/10.1007/s11357-025-01512-0>
- Latic, N., & Erben, R. G. (2020). Vitamin D and Cardiovascular Disease, with Emphasis on Hypertension, Atherosclerosis, and Heart Failure. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(18), 6483. <https://doi.org/10.3390/ijms21186483>
- Lee, Y.-M., Yoon, Y., Yoon, H., Park, H.-M., Song, S., & Yeum, K.-J. (2017). Dietary Anthocyanins against Obesity and Inflammation. *Nutrients*, 9(10), 1089. <https://doi.org/10.3390/nu9101089>

- Lovic, D., Piperidou, A., Zografou, I., Grassos, H., Pittaras, A., & Manolis, A. (2020). The Growing Epidemic of Diabetes Mellitus. *Current Vascular Pharmacology*, 18(2), 104–109. <https://doi.org/10.2174/1570161117666190405165911>
- Mancia, G., Kreutz, R., Brunström, M., Burnier, M., Grassi, G., Januszewicz, A., Muiesan, M. L., Tsioufis, K., Agabiti-Rosei, E., Algharably, E. A. E., Azizi, M., Benetos, A., Borghi, C., Hitij, J. B., Cifkova, R., Coca, A., Cornelissen, V., Cruickshank, J. K., Cunha, P. G., ... Kjeldsen, S. E. (2023). 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *Journal of Hypertension*, 41(12), 1874–2071. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003480>
- Marangoni, F., Agostoni, C., Borghi, C., Catapano, A. L., Cena, H., Ghiselli, A., La Vecchia, C., Lercker, G., Manzato, E., Pirillo, A., Riccardi, G., Risé, P., Visioli, F., & Poli, A. (2020). Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. *Atherosclerosis*, 292, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.11.018>
- Martín-Peláez, S., Fito, M., & Castaner, O. (2020). Mediterranean Diet Effects on Type 2 Diabetes Prevention, Disease Progression, and Related Mechanisms. A Review. *Nutrients*, 12(8), 2236. <https://doi.org/10.3390/nu12082236>
- Minamizuka, T., Koshizaka, M., Shoji, M., Yamaga, M., Hayashi, A., Ide, K., Ide, S., Kitamoto, T., Sakamoto, K., Hattori, A., Ishikawa, T., Kobayashi, J., Maezawa, Y., Kobayashi, K., Takemoto, M., Inagaki, M., Endo, A., & Yokote, K. (2021). Low dose red yeast rice with monacolin K lowers LDL cholesterol and blood pressure in Japanese with mild dyslipidemia: A multicenter, randomized trial. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 30(3), 424–435. [https://doi.org/10.6133/apjcn.202109_30\(3\).0009](https://doi.org/10.6133/apjcn.202109_30(3).0009)
- Miyazawa, T., Burdeos, G. C., Itaya, M., Nakagawa, K., & Miyazawa, T. (2019). Vitamin E: Regulatory Redox Interactions. *IUBMB Life*, 71(4), 430–441. <https://doi.org/10.1002/iub.2008>
- Mohammadabadi, T., & Jain, R. (2024). Cinnamon: A nutraceutical supplement for the cardiovascular system. *Archives of Medical Sciences. Atherosclerotic Diseases*, 9, e72–e81. <https://doi.org/10.5114/amsad/184245>
- Morales-Franco, B., Nava-Villalba, M., Medina-Guerrero, E. O., Sánchez-Nuño, Y. A., Davila-Villa, P., Anaya-Ambriz, E. J., & Charles-Niño, C. L. (2021). Host-Pathogen Molecular Factors Contribute to the Pathogenesis of *Rhizopus* spp. In Diabetes Mellitus. *Current Tropical Medicine Reports*, 8(1), 6–17. <https://doi.org/10.1007/s40475-020-00222-1>
- Morales-Villegas, E. C., Yarleque, C., & Almeida, M. L. (2023). Manejo de la hipertensión y dislipidemia en México: Evidencia, brechas y aproximaciones. *Archivos de cardiología de México*, 93(1), 77–87. <https://doi.org/10.24875/acm.21000330>
- Moran, N. E., Thomas-Ahner, J. M., Wan, L., Zuniga, K. E., Erdman, J. W., & Clinton, S. K. (2022). Tomatoes, Lycopene, and Prostate Cancer: What Have We Learned from Experimental Models? *The Journal of Nutrition*, 152(6), 1381–1403. <https://doi.org/10.1093/jn/nxac066>
- Naeem, A., Hu, P., Yang, M., Zhang, J., Liu, Y., Zhu, W., & Zheng, Q. (2022). Natural Products as Anticancer Agents: Current Status and Future Perspectives. *Molecules*, 27(23), 8367. <https://doi.org/10.3390/molecules27238367>
- National Center for Complementary and Integrative Health. (January, 2019). *Coenzyme Q10*. Health information. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de <https://www.nccih.nih.gov/health/coenzyme-q10>
- Nauman, M. C., & Johnson, J. J. (2019). Clinical application of bergamot (*Citrus bergamia*) for reducing high cholesterol and cardiovascular disease markers. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 6(2). <https://doi.org/10.15761/IFNM.1000249>
- Nie, Q., Li, M., Huang, C., Yuan, Y., Liang, Q., Ma, X., Qiu, T., & Li, J. (2024). The clinical efficacy and safety of berberine in the treatment of non-alcoholic fatty liver disease: A meta-analysis and

- systematic review. *Journal of Translational Medicine*, 22(1), 225. <https://doi.org/10.1186/s12967-024-05011-2>
- Organización Mundial de la Salud. (1 de marzo de 2024). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. (7 de marzo de 2024). *Más que una Cuestión de Peso*. <https://www.paho.org/es/noticias/7-3-2024-mas-que-cuestion-peso>
- Palacios, C. (2006). The role of nutrients in bone health, from A to Z. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(8), 621–628. <https://doi.org/10.1080/10408390500466174>
- Pavía-López, A. A., Alcocer-Gamba, M. A., Ruiz-Gastelum, E. D., Mayorga-Butrón, J. L., Mehta, R., Díaz-Aragón, F. A., Aldrete-Velasco, J. A., López-Juárez, N., Cruz-Bautista, I., Chávez-Mendoza, A., Secchi-Nicolás, N. C., Guerrero-Martínez, F. J., Cossio-Aranda, J. E., Mendoza-Zubietta, V., Fanghanel-Salmon, G., Valdivia-Proa, M., Olmos-Domínguez, L., Aguilar-Salinas, C. A., Dávila-Maldonado, L., ... Rodríguez-Vega, M. (2022). Guía de práctica clínica mexicana para el diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias y enfermedad cardiovascular aterosclerótica. *Archivos De Cardiología De Mexico*, 92(Supl), 1–62. <https://doi.org/10.24875/ACM.M22000081>
- Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 30(6), 619–627. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>
- Pierdomenico, M., Cicero, A. F. G., Veronesi, M., Fogacci, F., Riccioni, C., & Benassi, B. (2023). Effect of *Citrus bergamia* extract on lipid profile: A combined in vitro and human study. *Phytotherapy Research: PTR*, 37(9), 4185–4195. <https://doi.org/10.1002/ptr.7897>
- Power, R., Nolan, J. M., Prado-Cabrero, A., Roche, W., Coen, R., Power, T., & Mulcahy, R. (2022). Omega-3 fatty acid, carotenoid and vitamin E supplementation improves working memory in older adults: A randomised clinical trial. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 41(2), 405–414. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.12.004>
- Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods – ILSI Europe. (s/f). *A European Commission Concerted Action Programme*. ILSI Europe. <https://ilsi.eu/eu-projects/passclaim/>
- Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods. (2005). *European Journal of Nutrition*, 44(1), i1–i2. <https://doi.org/10.1007/s00394-005-1101-6>
- Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. M. (2017). The Roles of Vitamin C in Skin Health. *Nutrients*, 9(8), 866. <https://doi.org/10.3390/nu9080866>
- Rahayu, E. S., Mariyatun, M., Putri Manurung, N. E., Hasan, P. N., Therdtatha, P., Mishima, R., Komalasari, H., Mahfuzah, N. A., Pamungkaningtyas, F. H., Yoga, W. K., Nurfiana, D. A., Liwan, S. Y., Juffrie, M., Nugroho, A. E., & Utami, T. (2021). Effect of probiotic *Lactobacillus plantarum* Dad-13 powder consumption on the gut microbiota and intestinal health of overweight adults. *World Journal of Gastroenterology*, 27(1), 107–128. <https://doi.org/10.3748/wjg.v27.i1.107>
- Rajput, R., Wairkar, S., & Gaud, R. (2018). Nutraceuticals for better management of osteoporosis: An overview. *Journal of Functional Foods*, 47, 480–490. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.013>
- Ramírez-Osorio, L. J., Villarruel López, A., Villagrán, Z., & Anaya Esparza, L. M. (2022). Residuos alimenticios: Fuente de componentes bioactivos para la elaboración de alimentos funcionales. *Acta de Ciencia en Salud*, 16, 17–26. <https://doi.org/10.32870/acs.v0i16.108>
- Rezazadeh, L., Alipour, B., Jafarabadi, M. A., Behrooz, M., & Gargari, B. P. (2021). Daily consumption effects of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* La5 and *Bifidobacterium lactis* Bb12 on oxidative stress in metabolic syndrome patients. *Clinical Nutrition ESPEN*, 41, 136–142. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.12.003>
- Rocha, V. Z., Tada, M. T., Chacra, A. P. M., Miname, M. H., & Mizuta, M. H. (2023). Update on Sitosterolemia and Atherosclerosis. *Current Atherosclerosis Reports*, 25(5), 181–187. <https://doi.org/10.1007/s11883-023-01092-4>

- Romani, A., Ieri, F., Urciuoli, S., Noce, A., Marrone, G., Nediani, C., & Bernini, R. (2019). Health Effects of Phenolic Compounds Found in Extra-Virgin Olive Oil, By-Products, and Leaf of *Olea europaea* L. *Nutrients*, 11(8), 1776. <https://doi.org/10.3390/nu11081776>
- Saadat, N., Akhtar, S., Goja, A., Razalli, N. H., Geamanu, A., David, D., Shen, Y., & Gupta, S. V. (2018). Dietary Garcinol Arrests Pancreatic Cancer in p53 and K-ras Conditional Mutant Mouse Model. *Nutrition and Cancer*, 70(7), 1075–1087. <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1502327>
- Sanchez, M., Darimont, C., Drapeau, V., Emady-Azar, S., Lepage, M., Rezzonico, E., Ngom-Bru, C., Berger, B., Philippe, L., Ammon-Zuffrey, C., Leone, P., Chevrier, G., St-Amand, E., Marette, A., Doré, J., & Tremblay, A. (2014). Effect of *Lactobacillus rhamnosus* CGMCC1.3724 supplementation on weight loss and maintenance in obese men and women. *The British Journal of Nutrition*, 111(8), 1507–1519. <https://doi.org/10.1017/S0007114513003875>
- Sánchez-Nuño, Y. A., Zermeno-Ruiz, M., Vázquez-Paulino, O. D., Nuño, K., & Villarruel-López, A. (2024). Bioactive Compounds from Pigmented Corn (*Zea mays* L.) and Their Effect on Health. *Biomolecules*, 14(3), 338. <https://doi.org/10.3390/biom14030338>
- Sbehat, M., Mauriello, G., & Altamimi, M. (2022). Microencapsulation of Probiotics for Food Functionalization: An Update on Literature Reviews. *Microorganisms*, 10(10), 1948. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10101948>
- Schoeneck, M., & Iggman, D. (2021). The effects of foods on LDL cholesterol levels: A systematic review of the accumulated evidence from systematic reviews and meta-analyses of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases*, 31(5), 1325–1338. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.12.032>
- Secretaría de Salud, (16 de septiembre de 2023). 294. México registra al año más de 195 mil casos de cáncer: Secretaría de Salud. gob.mx. Recuperado el 4 de julio de 2024, de <http://www.gob.mx/salud/prensa/294-mexico-registra-al-ano-mas-de-195-mil-casos-de-cancer-secretaria-de-salud>
- Shahcheraghi, S. H., Salemi, F., Small, S., Syed, S., Salari, F., Alam, W., Cheang, W. S., Saso, L., & Khan, H. (2023). Resveratrol regulates inflammation and improves oxidative stress via Nrf2 signaling pathway: Therapeutic and biotechnological prospects. *Phytotherapy Research: PTR*, 37(4), 1590–1605. <https://doi.org/10.1002/ptr.7754>
- Shatylo, V. B., Korkushko, O. V., Borovs'kyi, V. R., Anisimova, I. M., Tarasenko, O. B., & Ivanova, A. O. (2007). [Efficacy of treatment-and-prophylactic diets including soya-based food in elderly patients with atherogenic dislipidemia and glucose intolerance]. *Likars'ka Sprava*, 5–6, 89–97. <https://europepmc.org/article/MED/18416170>
- Shirouchi, B., Nagao, K., Umegatani, M., Shiraishi, A., Morita, Y., Kai, S., Yanagita, T., Ogawa, A., Kadooka, Y., & Sato, M. (2016). Probiotic *Lactobacillus gasseri* SBT2055 improves glucose tolerance and reduces body weight gain in rats by stimulating energy expenditure. *The British Journal of Nutrition*, 116(3), 451–458. <https://doi.org/10.1017/S0007114516002245>
- Siegel, R. L., Giaquinto, A. N., & Jemal, A. (2024). Cancer statistics, 2024. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(1), 12–49. <https://doi.org/10.3322/caac.21820>
- Silva, B. V., Sousa, C., Caldeira, D., Abreu, A., & Pinto, F. J. (2022). Management of arterial hypertension: Challenges and opportunities. *Clinical Cardiology*, 45(11), 1094–1099. <https://doi.org/10.1002/clc.23938>
- Sleiman, C., Daou, R.-M., Al Hazzouri, A., Hamdan, Z., Ghadieh, H. E., Harbieh, B., & Romani, M. (2024). Garlic and Hypertension: Efficacy, Mechanism of Action, and Clinical Implications. *Nutrients*, 16(17), 2895. <https://doi.org/10.3390/nu16172895>
- Soliman, G. A. (2019). Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. *Nutrients*, 11(5), 1155. <https://doi.org/10.3390/nu11051155>
- Song, R., Hu, M., Qin, X., Qiu, L., Wang, P., Zhang, X., Liu, R., & Wang, X. (2023). The Roles of Lipid Metabolism in the Pathogenesis of Chronic

- Diseases in the Elderly. *Nutrients*, 15(15), 3433. <https://doi.org/10.3390/nu15153433>
- Song, Y., Wang, Q., & Jia, L. (2024). Omega-3 fatty acids and their influence on hypertension and coronary atherosclerosis: Insights from a Mendelian randomization approach. *Journal of Clinical Hypertension*, 26(4), 382–390. <https://doi.org/10.1111/jch.14782>
- Subramaniam, S., Selvaduray, K. R., & Radhakrishnan, A. K. (2019). Bioactive Compounds: Natural Defense Against Cancer? *Biomolecules*, 9(12), 758. <https://doi.org/10.3390/biom9120758>
- Terasaki, M., Kubota, A., Kojima, H., Maeda, H., Miyashita, K., Kawagoe, C., Mutoh, M., & Tanaka, T. (2021). Fucoxanthin and Colorectal Cancer Prevention. *Cancers*, 13(10), 2379. <https://doi.org/10.3390/cancers13102379>
- Tousoulis, D. (2020). Arterial hypertension: New concepts in diagnosis and treatment? *Hellenic Journal of Cardiology: HJC = Hellenike Kardiologike Epitheorese*, 61(3), 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2020.08.003>
- Tupas, G., Otero, M. C., & Bernolo, L. (2020). Title: Functional Foods and Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations Chapter 1 *Functional Foods and Health Benefits*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18636.77440>
- Van Loon, K., Mohar, A., Unger-Saldaña, K., Potter, M. B., Sweet-Cordero, E. A., Breithaupt, L., Espinosa-Tamez, P., Sepúlveda-Amor, J., & Lajous, M. (2022). Developing a collaborative international partnership for cancer control in Mexico. *Salud Publica De Mexico*, 64(1), 100–104. <https://doi.org/10.21149/12506>
- Wang, Q., Shen, W., Shao, W., & Hu, H. (2024). Berberine alleviates cholesterol and bile acid metabolism disorders induced by high cholesterol diet in mice. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 719, 150088. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2024.150088>
- Xu, L., Li, Y., Dai, Y., & Peng, J. (2018). Natural products for the treatment of type 2 diabetes mellitus: Pharmacology and mechanisms. *Pharmacological Research*, 130, 451–465. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2018.01.015>
- Yin, Y., Tan, Y., Wei, X., Li, X., Chen, H., Yang, Z., Tang, G., Yao, X., Mi, P., & Zheng, X. (2022). Recent Advances of Curcumin Derivatives in Breast Cancer. *Chemistry & Biodiversity*, 19(10), e202200485. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200485>
- Younas, A., Naqvi, S. A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., Jatoti, M. A., Anwar, F., Inam-Ur-Raheem, M., Saari, N., & Aadil, R. M. (2020). Functional food and nutra-pharmaceutical perspectives of date (Phoenix dactylifera L.) fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9), e13332. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13332>
- Zarrati, M., Shidfar, F., Nourijelyani, K., Mofid, V., Hossein zadeh-Attar, M. J., Bidad, K., Najafi, F., Gheflati, Z., Chamari, M., & Salehi, E. (2013). *Lactobacillus acidophilus* La5, *Bifidobacterium* BB12, and *Lactobacillus casei* DN001 modulate gene expression of subset specific transcription factors and cytokines in peripheral blood mononuclear cells of obese and overweight people. *BioFactors (Oxford, England)*, 39(6), 633–643. <https://doi.org/10.1002/biof.1128>
- Zhang, Y., Yang, S., Wu, Q., Ye, Z., Zhou, C., Liu, M., Zhang, Z., He, P., Zhang, Y., Li, H., Li, R., Gan, X., Liu, C., & Qin, X. (2023). Dietary vitamin E intake and new-onset hypertension. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 46(5), 1267–1275. <https://doi.org/10.1038/s41440-022-01163-0>
- Zhou, Y., Farooqi, A. A., & Xu, B. (2023). Comprehensive review on signaling pathways of dietary saponins in cancer cells suppression. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(20), 4325–4350. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2000933>

Desarrollo de harina de maíz (*Zea mays* L.) variedad Tizate -Estandarización del proceso, viabilidad técnica y económica-

Development of maize flour (*Zea mays* L.) variety Tizate -Process standardization, technical and economic feasibility-

Mariana Luz Guzmán-Cruz^{1*}; Ever Alexis Martínez-Aguilar¹; Ana Cecilia Segreda-Rodríguez²

¹ Unidad de Educación a Distancia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador. El Salvador.

² Universidad para la Cooperación Internacional (UCI). San José. Costa Rica. *Correo-e: mariana.guzman@ues.edu.sv

Recibido: 15/abril/2025 Aceptado: 22/junio/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.v0i0.109>

ID 1er. Autor: Mariana Luz Guzmán-Cruz / **ORCID:** 0009-0006-7495-1046

ID 1er. Coautor: Ever Alexis Martínez-Aguilar / **ORCID:** 0000-0001-8719-4597

ID 2do. Coautor: Ana Cecilia Segreda-Rodríguez / **ORCID:** 0000-0001-9252-1791

Resumen

El objetivo de esta investigación fue desarrollar harina de maíz Tizate (*Zea mays* L. var. Tizate) para repostería, evaluando su composición fisicoquímica y viabilidad técnica y económica. El estudio se realizó en la Planta Procesadora de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El proceso incluyó tres fases principales. Primero, se estandarizó la producción de la harina y se realizó un análisis bromatológico, evidenciando un alto contenido de proteína (10,72%) y carbohidratos (83%), con 3,48% de humedad. La harina de maíz Tizate podría destacar por sus ventajas nutricionales, lo que la posiciona como una alternativa más saludable y natural, alineada con las tendencias actuales de consumo. La viabilidad económica se basa en posicionar esta harina como un producto diferenciado y de origen local en el mercado objetivo.

Palabras Clave: Repostería autóctona, valor nutricional, cereal, alimentos sin gluten.

Abstract

The objective of this research was to develop Tizate corn flour (*Zea mays* L. var. Tizate) for pastry applications, evaluating its physicochemical composition and technical and economic feasibility. The study was conducted at the Processing Plant of the Faculty of Agronomic Sciences at the University of El Salvador. The process involved three main phases. First, the production of the flour was standardized, and a bromatological analysis was conducted, revealing a high protein content (10.72%) and carbohydrates (83%), with 3.48% moisture. Tizate corn flour could stand out for its nutritional advantages, positioning it as a healthier and more natural alternative aligned with current consumer trends. Its economic viability lies in marketing it as a differentiated, locally-sourced product in the target market.

Keywords: Native confectionery, nutritional value, cereal, gluten-free foods.

Introducción

El origen del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en El Salvador es antiguo, tal como lo demuestran las evidencias del sitio arqueológico Joya de Cerén, donde se preservaron evidencias únicas sobre la vida cotidiana de una comunidad agrícola prehispánica debido a la erupción de un volcán hace unos 1 400 años atrás, incluyendo detalles del cultivo de maíz (Ito et al, 2018; Maloof, 2011).

El maíz variedad Tizate (*Zea Mays* L. var. Tizate) es una variedad criolla, esto quiere decir que es una variedad cultivada y conservada por los agricultores. Los rendimientos de la variedad Tizate son en promedio 2,05 T/ha (Flores et al., 2018), mientras que los de un híbrido son entre 5,5 a 6,5 T/ha (Cárcamo et al., 2018). Sin embargo, por su uso en la elaboración de alimentos específicos que tienen un lugar en el gusto de los consumidores ha hecho que se siga cultivando el Tizate, aunque en una menor escala comparado con las variedades mejoradas e híbridos (Ortíz et al., 2016).

El presente estudio se enfocó en evaluar la viabilidad de la harina de maíz Tizate como una materia prima de calidad para el mercado. El Maíz Tizate se ha usado para la elaboración de repostería y bebidas tradicionales, debido a su perfil de sabor y creencia de ser nutricional (Jacobo, 2009). Pues los consumidores de productos tradicionales buscan autenticidad y calidad que reflejen sus memorias y experiencias previas, especialmente aquellos que tienen un vínculo cultural o emocional con ciertos ingredientes o sabores (Kovalenko et al., 2023).

Tal como mencionan Bongianino et al. (2023), el desarrollo de productos a base de maíz requiere la estandarización de procesos que aseguren calidad sensorial y técnica. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una harina de maíz (*Zea Mays* L.

var. Tizate), mediante la estandarización de su proceso de producción y la evaluación de su calidad nutricional, viabilidad técnica y económica para obtener una materia prima de calidad para los reposteros tradicionales que elaboran diferentes productos a base de este maíz, y que deben hacer el proceso de elaboración de la harina ellos mismos de manera rudimentaria.

Materiales y métodos

Descripción del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Procesadora de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el distrito de San Luis Talpa, El Salvador. Se desarrolló en dos aspectos principales: 1. Estandarización del proceso de desarrollo de harina de maíz Tizate; 2. Análisis de costos y viabilidad económica de la harina, con el objetivo de evaluar su competitividad en el mercado.

Elaboración y estandarización del proceso de harina de maíz Tizate

Recolección del maíz Tizate

Se compró el maíz variedad Tizate (ver figura 1) a comercializadores de los distritos de San Luis de la Reina (Departamento de San Miguel) y Cacaopera (Departamento de Morazán). Se midió humedad del grano con un humidímetro portátil para granos y semillas (marca AgraTronix[®], modelo MT-PRO).

Tueste del maíz

El propósito fue lograr un producto lo más similar posible al que desarrollan los reposteros artesanales que trabajan con este maíz,

pero con parámetros reproducibles. El tueste del maíz se realizó en un horno eléctrico con control de temperatura (marca Hamilton Beach®, modelo 31103D), utilizando 454 g de maíz por prueba pesados en Balanza digital (marca Electronic Kitchen®, modelo SF-400, con sensibilidad de 1 g). Se llevaron a cabo dos ensayos para determinar el proceso óptimo donde se probaron las siguientes temperaturas: Tueste del maíz a 350°C y Tueste del maíz a 300°C.



Figura 1. Maíz criollo variedad Tizate crudo
Fuente: Elaboración propia (2025)

En la primera prueba, el horno se precalentó a 450°C, y luego el maíz se tostó a 350°C. En la segunda prueba, el horno se precalentó a 400°C durante 3 minutos, y posteriormente, el maíz se horneó a 300°C, removiéndolo a los 15 minutos y luego cada 5 minutos hasta completar 26 minutos de tueste.

El estándar para determinar el nivel de tueste del maíz se estableció mediante la comparación con el proceso artesanal. Para ello, se adquirió maíz tostado de forma tradicional y se utilizó como referencia en las pruebas realizadas en la planta piloto, evaluando el color de las muestras en función de la muestra artesanal.

Molienda de maíz

El maíz tostado, tras haber sido enfriado previamente, fue sometido a molienda en un molino Nixtamal, realizando tres repasos para asegurar una textura homogénea.

Tamizado de la harina

La harina, fue sometida a tamizaje utilizando un tamiz #10, con la intención de verificar que, con los tres repasos en el molino, se cumple con este nivel de granulometría, puesto que esta sería la ideal para productos como galletas.

Después de realizadas las pruebas experimentales, se estableció el protocolo de estandarización para el tostado del maíz Tizate, definiendo temperatura, tiempo y método de manipulación para asegurar la uniformidad del proceso.

Elaboración del flujograma de procesos

Junto con el diagrama de flujo del proceso se realizó la descripción de las operaciones de manera breve para favorecer su reproducibilidad, incluyendo parámetros y variables de control.

Análisis de laboratorio

Los análisis bromatológicos de la harina de maíz Tizate fueron realizados en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Los parámetros analizados según la AOAC (2023) fueron: humedad por método gravimétrico (estufa de aire circulante marca TermoScientific®, modelo Heratherm®), ceniza por método gravimétrico (horno de mufla marca Yamato®), proteína cru-

da por método micro-Kjedahl (digestor marca Berth[®]; destilador marca Foss[®], modelo Kjeltex 2100[®]), extracto etéreo por método de Soxhlet (placa de calentamiento marca Gerhardt[®]), fibra cruda por método Ankom (analizador de fibra marca Ankom[®]), carbohidratos por método de diferencia, fósforo por método UV (espectrofotómetro marca Nova[®] modelo 60) y calcio por método de Espectrofotometría (espectrofotómetro de absorción atómica marca Shimadzu[®], modelo AA-7000[®]).

Análisis económico

Se realizó una evaluación económica partiendo del cálculo del costo de producción en dólar estadounidense (USD), los datos que se tomaron en cuenta para obtener el precio de venta por kg, fueron los siguientes:

Maíz: se registró el costo de maíz por kg para la harina;

Empaque y etiquetado: se estimó el costo de los materiales de empaque y etiquetado por unidad de producto;

Merma: durante el proceso de elaboración se registraron mermas, un 12% en el tueste más un 7% durante la molienda, por lo que se consideró como merma un 19% en todo el proceso, es decir, que para obtener 1 kilogramo de harina se necesitan 1,24 kilogramos de maíz;

Costos directos: dentro de estos se encuentran, mano de obra, combustible, energía eléctrica consumida en el proceso. Para calcular los costos directos se tomó el criterio de sumarle un 30% del costo de materias primas; Costos indirectos asociados: costos operativos y de infraestructura, servicios generales y publicidad. En este caso se sumó un 15% a los costos totales;

Porcentaje de Utilidad: se determinó un 40% de utilidad teniendo en cuenta que, para harinas especializadas o premium, como harinas orgánicas, artesanales o con valor agregado (fortificadas, sin gluten, variedades criollas), pueden manejar márgenes entre 40% y 60% ya que tienen un mercado más específico y menos competencia; Impuestos (IVA): se tomó en cuenta el 13% de IVA que todos los productos deben pagar en El Salvador.

Resultados y discusión

Elaboración y estandarización del proceso de harina de maíz Tizate

En la evaluación de la materia prima, se obtuvo un 33% de humedad.

Durante la elaboración de la harina, se hicieron dos ensayos en la etapa de tueste, tal como se detalla en el cuadro 1. Logrando un producto similar al que desarrollan los reposteros artesanales que trabajan con este maíz, pero con todos los parámetros registrados para garantizar su replicación. Esto hará posible la producción de esta harina a cualquier escala sin variaciones en su calidad.

La prueba número 2, permitió obtener el color y las características ideales del maíz tostado (figura 2), permitiendo de esta manera estandarizar el proceso de tueste, comprendiendo que la estandarización es necesaria para asegurar un producto consistente en calidad, sabor y características, cumpliendo siempre con las expectativas del consumidor (figura 3) y evitando variaciones que afecten su aceptación (Jácome et al., 2023; Lara, 2015).



Figura 2. Maíz criollo variedad Tizate tostado
Fuente: Elaboración propia (2025)

Posterior al tueste, el maíz debe ser enfriado a temperatura ambiente, pues, según Boluarte et al. (2018), este paso evita la presencia de humedad remanente que podría provocar efectos no deseados en la molienda.



Figura 3. Harina de maíz criollo variedad Tizate
Fuente: Elaboración propia (2025)

Por último, el envasado y almacenamiento de la harina es de suma importancia, puesto que al hacerlo de la manera correcta se mantiene la calidad del producto. Además, Bejar (2022), menciona que lo ideal es envasarla en bolsas de polietileno de baja densidad, las cuales ofrecen protección contra la humedad, el oxígeno, son moldeables y deben ser almacenadas en un lugar seco.

Cuadro 1. Ensayos realizados durante el tueste del maíz

Prueba	Condiciones	Observaciones
Prueba # 1	El horno se precalentó a 450°C, y luego el maíz se tostó a 350°C.	En estas condiciones, a los 7 minutos, los granos comenzaron a reventar como palomitas, indicando que la temperatura era demasiado alta para lograr el tueste deseado.
Prueba # 2	El horno se precalentó a 400°C durante 3 minutos, y posteriormente, el maíz se horneó a 300°C, removiéndolo a los 15 minutos y luego cada 5 minutos hasta completar 26 minutos de tostado.	Con este proceso se logró un tueste ideal por lo que, este fue el proceso que se estandarizó y se replicó posteriormente.

Fuente: Elaboración propia (2025)

Descripción del flujograma de procesos para la elaboración de harina de maíz

En la figura 4 se presenta el flujograma del proceso de elaboración de harina de maíz Tizate.

- Recepción del maíz: en la recepción del maíz se debe asegurar que no esté contaminada con plagas como el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)) y debe ser almacenado por no más de 2 meses.
- Tueste del maíz: el maíz se tuesta en horno a una temperatura constante de 300°C du-

rante 21 a 26 minutos, removiendo a los 15 minutos y luego cada 5 minutos. Durante este proceso, es fundamental evaluar el color del grano, ya que el nivel de tueste puede variar según factores como la humedad del maíz o la eficiencia del horno, es así como a los 21 minutos de tueste, se realiza una verificación visual del color del maíz. Si a los 21 minutos el maíz ha alcanzado el color ideal, se procede a la siguiente etapa. Si aún no ha alcanzado el color deseado, se continuará el tueste monitoreando constantemente hasta completar los 26 minutos.

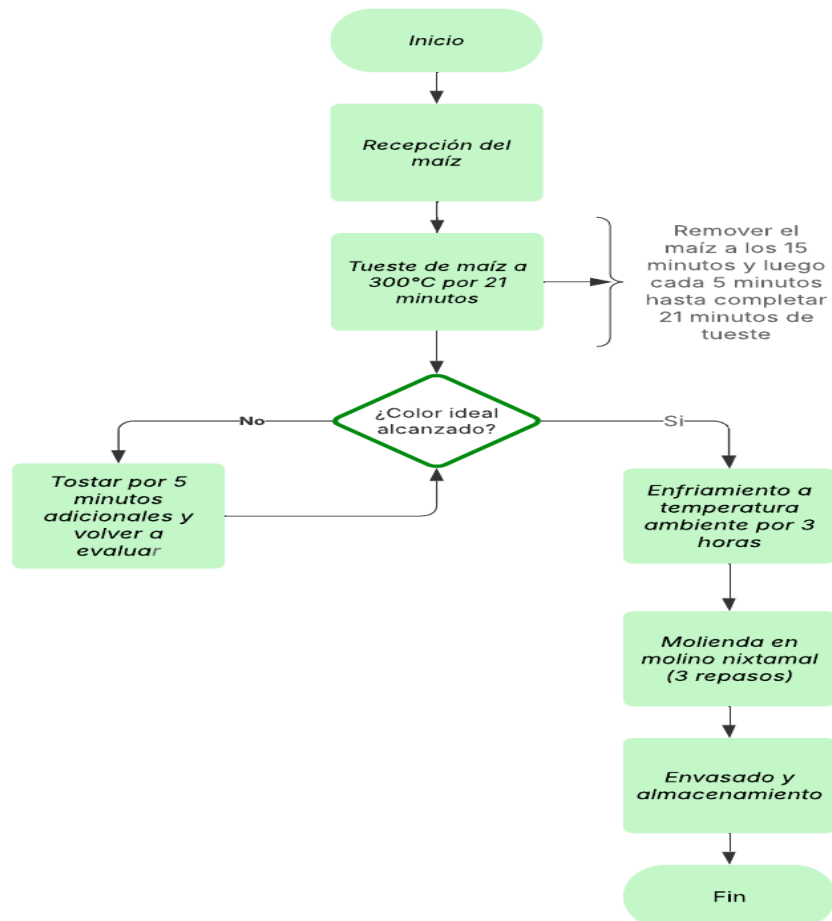


Figura 4. Flujograma del proceso de elaboración de harina
Fuente: Elaboración propia (2025)

- Enfriamiento a temperatura ambiente: se debe enfriar el grano a temperatura ambiente por tres horas.

- Molienda: el maíz previamente tostado se debe moler en molino nixtamal realizando tres repasos para obtener la granulometría óptima, que es la obtenida con el tamiz #10.

- Envasado y almacenamiento: la harina debe ser envasada en bolsas de polietileno de baja densidad, las cuales ofrecen protección contra la humedad y el oxígeno, y deben ser almacenadas en un lugar seco.

La estandarización del proceso de elaboración de harina de maíz Tizate permitió establecer parámetros precisos y reproducibles para obtener una materia prima con características consistentes y de calidad adecuada para su uso en la repostería. El garantizar la repetitividad y control de calidad en la producción de la harina de maíz Tizate, facilita su posible escalabilidad a nivel comercial o artesanal.

Análisis bromatológico

Los parámetros analizados y sus valores se muestran en el cuadro 2.

Humedad: Según el Codex Alimentarius para la harina de trigo el máximo de humedad admisible es 15% m/m (Comisión del Codex Alimentarius, 2023). La norma salvadoreña obligatoria NSO 67.03.02:08 Harinas (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT], 2008), establece un límite de 14% de humedad. Toro et al., (2011), reportan un promedio de 9,96% de humedad en harina de maíz. En el presente estudio se comprobó que la harina de maíz Tizate poseía una humedad 3,46%, este es un buen indicio para la vida útil del producto, pues su nivel de humedad es muy bajo.

Cuadro 2. Resultados de análisis bromatológico de harina

Parámetros	Valores (%)
Humedad	3,46
Ceniza	1,58
Proteína Cruda	10,72
Extracto Etéreo	4,70
Fibra Cruda	0,00
Carbohidratos	83,00
Fósforo (P)	0,2867
Calcio (Ca)	0,0154

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (2025)

Ceniza: La ceniza es el residuo inorgánico que queda después de eliminar el agua y la materia orgánica mediante el calentamiento en presencia de agentes oxidantes, lo que proporciona una medida de la cantidad total de minerales que contiene un alimento (Harris y Marshall, 2017). En este estudio el valor de la ceniza fue 1,58%, este valor es un parámetro normal para el maíz, ya que para Reyes et al. (2017), el valor promedio es de 1,40%.

Proteína Cruda: De acuerdo con diversos autores, el contenido de proteína cruda en la harina de maíz varía entre el 6% y el 12% (Quina y Pamo, 2023; Reyes et al., 2017; Shawa et al., 2021). En este estudio, se determinó que la harina de maíz de la variedad Tizate contiene un 10,72% de proteína cruda. Por su parte, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) reporta que sus variedades de Alta Calidad Proteica (ACP) tienen un promedio de 10,46% de proteína cruda (CENTA, 2018).

A pesar de esta similitud en los niveles de proteína cruda, no se puede clasificar al maíz Tizate como ACP sin conocer sus concentraciones de triptófano y lisina, aminoácidos esenciales que caracterizan a las variedades

ACP. Cabe destacar que el nivel de proteína cruda registrado en la harina de maíz Tizate es significativo y podría explicar por qué esta variedad se utiliza de manera artesanal en la preparación de bebidas tradicionales como el atole de Tizate (bebida tradicional espesa y dulce hecha con harina de maíz Tizate, que se consume caliente), ampliamente reconocidas por su valor nutritivo y beneficios para quienes las consumen.

Extracto Etéreo: En el presente estudio el extracto etéreo de la harina de maíz Tizate fue de 4,70%. Este valor está dentro de los parámetros comunes para el maíz que ronda entre 3,6 y 6,2% (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016). Según Coral y Gallegos (2015), el extracto etéreo en su investigación fue 3,95%.

Fibra Cruda: En el presente estudio, la fibra cruda del maíz variedad Tizate fue de 0,00%. Según Coral y Gallegos (2015), el contenido de fibra cruda en la harina de maíz generalmente oscila entre 1,11 y 1,35%. Las posibles explicaciones para este resultado podrían estar relacionadas con las características del pericarpio del grano de la variedad Tizate, ya que se observó que los granos presentan un pericarpio muy delgado.

Otra posible causa podría ser el proceso de molienda, ya que las fibras estructurales podrían haberse reducido a tal punto que no sean detectadas por el método de análisis de fibra cruda utilizado, especialmente considerando que la harina utilizada en este estudio fue molida finamente.

Carbohidratos: Los carbohidratos en la harina de maíz suelen oscilar entre el 71% y el 76%, según reportan Reyes et al. (2017) y López Padilla et al. (2017). Sin embargo, en el presente estudio, el análisis mostró un contenido de carbohidratos del 83%, un valor superior al promedio reportado. Este resultado podría atribuirse a las características

particulares del grano de maíz variedad Tizate, el cual presenta un pericarpio delgado y un endospermo predominantemente harinoso, rico en almidón, que es el principal componente de los carbohidratos en el maíz.

Fósforo (P): El contenido de fósforo (P) en la harina de maíz tostado suele oscilar alrededor del 0,4%, según lo reportado por Reyes et al. (2017). En el presente estudio, el contenido de fósforo fue de 0,2867%, lo que lo sitúa entre el valor mencionado anteriormente y el 0,12%, que Blasco (2019), señala como el contenido de fósforo en harinas refinadas. Según Vielma (1998), el contenido de fósforo en su estudio fue de 0,3043%.

Calcio (Ca): El contenido de calcio (Ca) en la harina de maíz suele oscilar alrededor del 0,04%, según lo reportado por Reyes et al. (2017). En el presente estudio, se determinó un valor de 0,0154%, lo que se considera relativamente bajo. Es importante señalar que la harina de maíz Tizate utilizada en este estudio no fue nixtamalizada, un proceso que, según Moreno et al. (2012), incrementa el contenido de calcio entre 0,01% y 0,013% en las harinas nixtamalizadas. En su estudio Vielma (1998), obtuvo un valor de calcio de 0,01412%.

A pesar de la popularidad del maíz Tizate en la zona oriental de El Salvador, hasta la fecha, instituciones como el CENTA o universidades no han realizado estudios específicos para determinar su contenido nutricional, en particular su nivel de proteína. Su valor nutricional era conocido únicamente de manera empírica, basado en la percepción de los consumidores, quienes lo consideraban una variedad altamente nutritiva. Sin embargo, el análisis bromatológico realizado en esta investigación confirmó que el maíz Tizate posee un contenido de proteína superior al de un maíz promedio,

respaldando así las apreciaciones de los consumidores.

Análisis económico

Según estudios previos, en productos como las harinas especiales, los márgenes de utilidad pueden oscilar entre el 40% y el 60%, dependiendo de factores como la exclusividad del producto, el mercado objetivo y la estructura de costos. Este rango refleja el valor agregado que estas harinas ofrecen, como su calidad superior o sus características diferenciadas, las cuales justifican un precio premium en comparación con las harinas comunes (Howard, 2023).

En el análisis económico de la producción de harina de maíz se determinó que el precio de venta de la presentación comercial (bolsa de 400 g) es de USD 2.78, considerando un margen de utilidad del 40%, como se detalla en el cuadro 3. El margen para harinas comunes se establece en un 20% (Espinoza et al, 2023).

Cuadro 3. Costo de harina de maíz en USD (Bolsa de 400 g)

Detalle	Costo USD
Costo de producción	1,57
Utilidad (40%)	0,53
IVA (13%)	0,28
Empaque y etiqueta	0,30
Precio de venta bolsa de 400 g	2,78

Fuente: Elaboración propia (2025)

Es difícil estimar un número de potenciales clientes y consumidores de esta harina pues no existe un censo de panaderos artesanales que usan harina de maíz, ni de consumidores habituales de esta harina, ni tampoco de productores de esta variedad de maíz. Este último aspecto es quizá la mayor limitante de esta investigación, y su mayor

fortaleza radica en el proceso replicable establecido.

El alto costo de la materia prima encarece considerablemente la producción de la harina de maíz Tizate, lo que, a su vez, impacta en el precio final de los productos elaborados con ella. Esto dificulta su competitividad en el mercado frente a otros productos de repostería elaborados con harinas más económicas. Si bien el costo elevado de la materia prima afecta la rentabilidad, estrategias como la producción a pequeña escala para mercados especializados, apelando a su calidad nutricional, pueden contribuir a mejorar la viabilidad comercial del proyecto.

Conclusiones

La investigación permitió desarrollar con éxito una harina de maíz Tizate (*Zea mays* L. var. Tizate), registrando todos los parámetros que permiten hacer replicable este proceso, la harina está destinada a aplicaciones en repostería tal y como ha sido tradicionalmente. Los análisis realizados destacaron un valor nutricional, se comprobó la viabilidad técnica del proceso de elaboración y la viabilidad económica, los resultados sugieren que el mercado destino de esta harina debería ser como producto diferenciado y de origen local.

Referencias

- Association of Official Analytical Collaboration International. (2023). *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
- Bejar, C.A.J. (2022). *Proyecto de exportación maíz gigante de Cusco tostado a Valencia-España* [Tesis de Licenciatura, Universidad Alas Peruanas].

<https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/12259>

Blasco, M. (9 de enero de 2019). *Harinas integrales vs. Harinas refinadas*. Bio Eco Actual.

<https://www.bioecoactual.com/2019/01/09/harinas-integrales-vs-harinas-refinadas/>

Boluarte A.G.I., Dionisio, , F.C.P., y Cisneros F.H. (2018). Efecto del tipo de agente de pelado, tiempo de cocción y contenido de humedad en la calidad de snacks fritos de maíz blanco gigante (*Zea mays*). *Revista sociedad química del Perú*, 84(1), 157-171.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9550610>

Bongianino, N.F., Steffolani, M.E., Morales, C.D., Biasutti, C.A., & León, A.E. (2023). Technological and Sensory Quality of Gluten-Free Pasta Made from Flint Maize Cultivars. *Foods*, 12(14), 2780.

<https://doi.org/10.3390/foods12142780>

Campos-Granados, C.M., y Arce-Vega, J. (2016). Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 10(2): 91-113.

<http://dx.doi.org/10.15517/nat.v10i2.27327>

Cárcamo, E.J.E., Portillo, H.J.C., y Serrano, O.L.M. (2018). *Evaluación del rendimiento de maíz (Zea Mays), Var. H-59, bajo diferentes frecuencias de fertilización química, durante la etapa fenológica de desarrollo vegetal a formación de grano* [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad de El Salvador].

<https://repositorio.ues.edu.sv/items/a27c6716-2d76-4be5-b2d6-0d6aad94b1ce>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2008). *Harinas. Harina de maíz nixtamalizado* (NSO 67.03.02:08). <https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/variados/NORMAS/HARINA/NSO67.03.02.08HARINA%20DE%20MAIZ.pdf>

Coral, T.V. y Gallegos, G.R. (2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. *infoANALÍTICA*, 3(1), 9-24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382661>

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova". (2018). *Cultivo de Maiz (Zea mays L.)*. CENTA. <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-maiz/>

Comisión del Codex Alimentarius. (2023). *Norma para la harina y la sémola de maíz sin germen* (CXS 155-1985). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B155-1985%252FCXS_155s.pdf

Espinoza, B.M. N., Gómez, F.I. J., y Garmendia, E.H.J., (2023). *Plan de negocio para la fabricación y comercialización de harina a base de yuca y maíz en la ciudad de Estelí, en el periodo 2022-2025* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://core.ac.uk/download/591082379.pdf>

Flores Barahona, E., Miranda Vásquez, A., Hernández Ramírez, U., Parada-Berrios, F., y Iraheta Villatoro, R. (2018).

- Caracterización morfoagronómica de cinco variedades de maíz criollo (*Zea mays*) en la zona de San Luis Talpa bajo un manejo orgánico. *Revista Agrociencia*, 2(07), 6–16.
<https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/76>.
- Harris, G.K. & Marshall, M.R. (2017). Ash Analysis. En S.S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis*. (pp. 287-297). Cham: Springer International Publishing. (Food Science Text Series).
- Howard, T. (14 de marzo de 2023). *Estrategias de precio para vendedores en el mercado de agricultores*. ATTRA - National Center for Appropriate Technology.
<https://attra.ncat.org/es/estrategias-de-precios-del-mercado-de-agricultores-para-vendedores/>
- Ito, N., Watanabe, T., y Kimura, M. (2018). Reconstrucción de la agricultura prehispánica en El Salvador previo a la erupción volcánica, a través del análisis de suelos. *Revista De Museología Kóot*, 8(9), 26–36.
<https://doi.org/10.5377/koot.v0i9.5903>
- Jacobo, D.J.R. (2009). *Monografía de formas de vida de la comunidad Octavio Ortiz del Bajo Lempa, municipio de Jiquilisco, Departamento de Usulután*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de El Salvador].
<https://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/tesis/941000638.pdf>
- Jácome, G.A., Tinoco, V.M., y Demetrio, M.M. (2023). Desarrollo y estandarización de un producto regional a base de cacao y maíz. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. 4(2):2872-2884.
<https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.801>
- Kovalenko, A., Dias, Á., Pereira, L., y Simões, A. (2023). Gastronomic Experience and Consumer Behavior: Analyzing the Influence on Destination Image. *Foods*, 12(2), 315.
<https://doi.org/10.3390/foods12020315>
- Lara, N. (2015). Contenido de agua y consistencia Bostwick en granos de maíz (*Zea mays amylacea*) tostados con microondas a diferentes tiempos. *Siembra*, 2(1), 060-068.
<https://www.redalyc.org/journal/6538/653869224009/html/>
- López Padilla, J.E., Rodríguez Ostorga, C.E., y Ventura Cáceres, J.T. (2017). Elaboración de un Snack a base de harina de maíz (*Zea mays*) y yuca (*Manihot esculenta*); fortificada con teberinto (*Moringa oleífera*) para reducir la subalimentación. Su análisis bromatológico y análisis sensorial. (Tesis Licenciatura). Universidad Dr. José Matias Delgado, San Salvador, El Salvador.
<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3701/1/0002683-ADTESRE.pdf>
- Maloof, G. (2011). Agricultura maya clásica en Joya de Cerén. Plataformas, senderos y otras zonas limpias. *La Universidad*, 4(14-15).
<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/launiversidad/article/view/194>
- Moreno, M.C.R., Iza, I.P., Bayas-Morejon, F., y Quiroz, A.D. (2012). Comparación de la calidad de harinas de tres variedades de maíz (*Zea-mays*) obtenidas de los procesos de nixtamalización y tostado para la elaboración de sucedáneos del pan. *Academia Journals*, 4(2), 1016-

1023.
https://drive.google.com/drive/folders/0B4GS5FQQLif9fmxsRzFGNUpOeFRyMjJuN0FtTW9PV0NtenhJMEtIZnJSU2FXQlRUMHBqYmc?resourcekey=0-MskQs0QxHh7B_FTaUYkeBw
- Ortíz, O., Flores, H., Alemán, S., Osorio, M., y Solórzano, S. (2016). El Salvador: Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV)-CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, SV). 154p.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8ad26035-a3be-4cad-8455-fd6cca9750a7/content>
- Quina Suni, J.R., y Pamo Cruz, G.A. (2023). *Elaboración De Pan Sin Gluten Con Almidón De Maíz Y Mezcla De Hidrocoloides; Enriquecido Con Proteína Aislada De Soja* [Tesis Licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/120a0aae-ca05-41e9-8035-c6d65a58af55/content>
- Reyes, G.M., Gómez-Sánchez, P.I., y Espinoza, B.C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Instituto Nacional de Salud.
https://lamejorreceta.ins.gob.pe/sites/default/files/2020-12/tablas-peruanas-QR_0.pdf
- Shawa, H., Biljon, A., & Labuschagne, M. T. (2021). Protein quality and quantity of quality protein maize (QPM) and non-QPM hybrids under optimal and low nitrogen conditions. *Cereal Chemistry*, 98(3), 507–516.
<https://doi.org/10.1002/cche.10390>
- Toro, Yolanda M, Guerra, Marisa, Espinoza, Claudio, & Newman, Adollys. (2011). Cambios en la composición proximal de harina de maíz precocida, arroz, pastas y cereales infantiles al prepararlos en el hogar para su consumo. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 24(1), 027-033.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522011000100005
- Vielma, B.M. (1998). Caracterización de la agroindustria de harina precocida de maíz en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 15, 472-485.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26222>

Calidad sensorial de cortes de carne bovina provenientes del Urabá Antioqueño bajo análisis descriptivo cuantitativo

Sensory quality of beef cuts from Urabá Antioqueño under descriptive quantitative analysis

Sandra Ivonne Pérez-Sierra^{1*}; Alejandra Agudelo-Martínez¹; Natalia Zuluaga-Arroyave¹; Diego Alonso Restrepo-Molina²; Santiago Gómez-Velásquez¹; Katerinne Quiroz-Osorio¹

¹Universidad CES, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Grupo de investigación NUTRAL. Calle 10 A # 22 – 04.

*correo e: sperez@ces.edu.co

²Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín – Facultad de Ciencias Agrarias - Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. A.A. 1779, Medellín, Colombia.

Recibido: 29/ago/2025 Aceptado: 26/nov/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.vi0.115>

ID 1er. Autor: *Sandra Ivonne Pérez-Sierra* / **ORCID:** 0000-0002-6472-6148

ID 1er. Coautor: *Alejandra Agudelo-Martínez* / **ORCID:** 0000-0002-9855-6757

ID 2do. Coautor: *Natalia Zuluaga-Arroyave* / **ORCID:** 0000-0001-7278-1203

ID 3er. Coautor: *Diego Alonso Restrepo-Molina* / **ORCID:** 0000-0002-5623-3319

ID 4to. Coautor: *Santiago Gómez-Velásquez* / **ORCID:** 0000-0002-5618-2056

ID 5to. Coautor: *Katerinne Quiroz-Osorio* / **ORCID:** 0000-0002-8627-6547

Resumen

El análisis sensorial de alimentos es una herramienta que permite caracterizar y establecer criterios para el control de calidad de un alimento permitiendo establecer y mantener la calidad alimentaria desde la producción hasta el consumo final de un producto. **Objetivo.** Determinar las diferencias en la calidad sensorial de siete nuevos cortes del tren delantero de canales bovinas provenientes del Urabá Antioqueño (brazo, costilla-flanco, diafragma, lomo, antebrazo, nuca y pecho) clasificadas en 3, 4 y 5 estrellas, sometidos a maduración y a tres métodos de cocción. **Métodos.** Para el análisis sensorial se empleó la metodología descriptiva cuantitativa con la participación de 10 panelistas quienes describieron atributos de apariencia, color, olor, sabor y textura. El análisis de la información se realizó a través de la estadística descriptiva básica e inferencial mediante la aplicación de pruebas estadísticas no paramétricas. **Resultados.** Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los atributos evaluados para los siete cortes clasificados en las tres categorías por estrellas, pudiendo establecer la influencia de la maduración y los métodos de cocción sobre características de importancia para el consumidos. **Conclusiones.** Fue posible aproximarse al perfil sensorial de los cortes de carne bovina obtenidos del cuarto delantero de las canales seleccionadas del Urabá Antioqueño, permitiendo resaltar que la calidad de los siete cortes varía significativamente entre ellos, el atributo con mayor variación con respecto a la maduración

fue la dureza, una de las características principales que influye en la textura y en la selección final que hacen los consumidores del producto.

Palabras clave: análisis sensorial, bovinos, carne de res, cortes de carne, evaluación hedónica, maduración, métodos de cocción, panel sensorial.

Abstract

The sensory analysis of food is a tool that allows characterizing and establishing criteria for the quality control of a food, establishing and maintaining food quality from production to final consumption of a product **Objective.** To determine the differences in the sensory quality of seven new cuts of the front end of bovine carcasses from Uraba Antioquia (arm, rib-flank, diaphragm, loin, forearm, neck and chest) classified as 3, 4 and 5 stars, subjected to maturation and three cooking methods. **Methods.** For the sensory analysis, the quantitative descriptive methodology was used with the participation of 10 panelists who described characteristics of appearance, color, smell, taste and texture. The analysis of the information was carried out through basic and inferential descriptive statistics through the application of non-parametric statistical tests. **Results.** Statistically significant differences were needed in the attributes evaluated for the seven cuts classified in the three categories by stars, being able to

establish the influence of maturation and cooking methods on important characteristics for those consumed. **Conclusions.** It was possible to approach the sensory profile of the beef cuts obtained from the forequarter of the selected carcasses of Uraba Antioquia, highlighting that the quality of the seven cuts varies significantly among them, the attribute with the greatest variation with respect to maturation was the hardness,

Introducción

La calidad de los cortes de carne bovina varía significativamente entre ellos, cada uno tiene diferentes características fisicoquímicas y cuenta con propiedades sensoriales específicas (Gajaweera et al, 2020). Para evaluar los aspectos que conforman la calidad total de un alimento existe el análisis sensorial, este se reconoce como una herramienta práctica y satisfactoria para obtener una medida objetiva a partir de apreciaciones dadas por personal entrenado (Sánchez, Albarracín, 2010). Se reporta que las características de calidad más importantes en la carne son principalmente el color, sabor, olor, ternura y jugosidad (Gajaweera et al, 2020; Meyerding et al, 2018; O'quinn et al, 2018).

El consumo de carne bovina no es comparable en todos los cortes, en general, la demanda de consumo a la mesa es por cortes de primera y el consumo de los cortes de segunda y tercera ha disminuido, siendo estos últimos los que constituyen la mayor parte de la canal, situación que determina y afecta el precio del mercado (Gajaweera et al, 2020; O'quinn et al, 2018; Cho et al, 2016). Se ha demostrado que los consumidores tienen dificultades para seleccionar la carne de bovino porque no tienen seguridad de su calidad en Colombia, además, se ha documentado ampliamente que las personas están dispuestas a pagar más por cortes que satisfagan sus expectativas alimentarias (Gajaweera et al, 2020; O'quinn et al, 2018; McCarthy et al, 2017).

one of the main characteristics that influences the texture and the final selection made by consumers of the product.

Keywords: Sensory analysis, cattle, beef, meat cuts, hedonic evaluation, maturation, cooking methods, sensory board.

Una situación que dificulta las investigaciones en calidad de carne bovina es que en general los estudios utilizan parámetros de calidad para los músculos *Longissimus*, o unos pocos diferentes a estos, son mínimas las investigaciones que se han centrado en otros cortes (Gajaweera et al, 2020; Cho et al, 2016). Adicionalmente, es necesario un sistema de clasificación revisado y actualizado en Colombia, que tenga en cuenta la calidad de cada corte y que incluya sus características sensoriales (Gajaweera et al, 2020; Sánchez, Albarracín, 2010; McCarthy et al, 2017; Cho et al, 2010; Hocquette, 2014).

La carne generalmente se consume después de someterse a algún tipo de calentamiento, el método de cocción tiene un efecto sobre variables de calidad del producto y la evaluación del alimento por parte del consumidor y pueden afectar características como rendimiento, ternura, jugosidad, sabor y palatabilidad al provocar cambios físicos y bioquímicos en proteínas, carbohidratos, lípidos, micronutrientes y otras sustancias (McCarthy et al, 2017; Gok et al, 2019).

El objetivo de esta investigación fue determinar las diferencias en la calidad sensorial de siete nuevos cortes de carne bovina provenientes del tren delantero de bovinos tres, cuatro y cinco estrellas de la región del Urabá Antioqueño (brazo, costilla-flanco, diafragma, lomo, antebrazo, nuca y pecho) sometidos a maduración y a tres métodos de cocción.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo el análisis sensorial de siete nuevos cortes del tren delantero bovino (Acosta et al, 2022) brazo, costilla-flanco, diafragma, lomo, antebrazo, nuca y pecho en las categorías 3, 4 y 5 estrellas en día 0 y 15 de maduración obtenidas de bovinos procedentes de la región del Urabá Antioqueño.

Preparación de las muestras

Cada una de las muestras fue troceada en crudo en cubos de 2x2 cm y sometidos a tres métodos de cocción, con el fin de determinar el método más apropiado para su consumo. No se añadieron sales ni especias al producto con el fin de evitar sesgos, solo se rociaron con aceite de girasol. Las muestras troceadas fueron llevadas a temperatura de refrigeración antes de someterlas al método de cocción correspondiente.

- Cocción húmeda en olla a presión: se utilizó una olla a presión marca Imusa, referencia Securyclic Inox de capacidad 3 litros. Se llevó el agua hasta ebullición a 100 °C, se adicionaron las muestras de carne. Al llegar al punto máximo de presión se ubicó la temperatura de la resistencia de calentamiento en bajo y se contabilizaron 30 minutos para despresurizar y retirar el producto.

- Cocción seca por asado en plancha: se realizó el precalentado de la plancha de acero inoxidable recubierta con teflón de uso profesional durante 3 minutos a fuego alto y se ubicaron las muestras, volteando sólo en una ocasión por cada lado hasta alcanzar una temperatura interna de 65 °C.

- Cocción seca por horneado: se empleó una Central Eficiente de Cocción marca MKN de procedencia alemana referencia Flexicombi gas 10,1. Se precalentó el horno a 180 °C con calor seco y se llevaron las muestras a cocción hasta alcanzar una temperatura interna de 65 °C.

Prueba de análisis sensorial

Se utilizó la metodología de perfil descriptivo cuantitativo, las muestras fueron analizadas por el panel de análisis sensorial de la Universidad CES (Medellín, Colombia), conformado por 10 panelistas que recibieron entrenamiento previo sobre la metodología de evaluación de los atributos sensoriales y sobre la escala de calificación. Se solicitó calificar la intensidad de los atributos con una escala de respuesta estructurada de 8 puntos, donde 0 representaba ausencia del atributo y 8 una percepción intensa del mismo. Además, se aplicó una evaluación hedónica teniendo en cuenta la Guía Técnica Colombiana 293:298 del ICONTEC y los atributos propuestos por la American Meat Science Association (AMSA) con algunas modificaciones.

El panelista reveló, en escala cuantitativa, su grado de aceptación del producto a través de 7 preguntas en una escala de 1 a 5, evaluando atributos de apariencia, color, olor, sabor y textura. Dentro de las características de importancia de la encuesta aplicada se destacan: apreciación de la calidad general, presencia de colores atípicos, jugosidad, preferencia de la dureza, de la intensidad del color y del sabor (características que influyen directamente en la decisión de compra del consumidor).

A cada evaluador se le entregó una muestra de carne a una temperatura interna mínima de 60 °C, para lo cual se planeó el tiempo de preparación de las muestras con base en la hora de citación de los panelistas, garantizando que el producto no permaneciera a temperatura ambiente una vez finalizada la cocción. Para evitar la fatiga de los panelistas, por cada sesión se evaluaron seis muestras y se ofreció agua como borrador bucal.

Los criterios de exclusión fueron la inasistencia del panelista a las pruebas y la

presencia de síntomas asociados con disminución en la percepción sensorial: resfriado común, dolor de garganta, fiebre, rinorrea, entre otros.

El análisis de la información se realizó a través de la estadística descriptiva básica (tendencia central y dispersión); para determinar la distribución de probabilidad de los datos se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. Posteriormente, a través de la estadística inferencial, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para establecer diferencias entre la calidad del corte y el método de cocción.

Finalmente, se aplicó la prueba estadística de Wilcoxon para muestras dependientes con la finalidad de determinar la diferencia entre las medianas de los atributos entre el día 0 y el día 15 (valor $p < 0,05$). El procesamiento de información y el análisis estadístico fue realizado con el software estadístico R 3.6.2.

Este estudio se clasifica sin riesgo.

Resultados

Al analizar los resultados obtenidos considerando la categoría de calidad de los cortes evaluados (3,4 y 5 estrellas) y el método de cocción al cual fueron sometidos (cocción húmeda en olla a presión, cocción seca por asado en plancha y cocción seca por horneado), se lograron identificar que existen algunas diferencias significativas en cada uno de los cortes con respecto a los días de maduración (0 y 15 días).

Brazuelo

La maduración para el corte de brazuelo influyó en la presencia de diferencias significativas para la calidad tres estrellas en “preferencia de la dureza” empleando los métodos de cocción asado y cocido, definiendo el atributo de dureza como “es justo como me gusta” y “es algo menos duro de lo que me

gusta”, también, se presentó significancia estadística en “preferencia del sabor” para cocido. En calidad 4 estrellas y 5 estrellas no se observaron diferencias de las características evaluadas con respecto a la maduración (cuadro 1).

Costilla

En el caso de la costilla se observaron diferencias estadísticamente significativas para el atributo “preferencia de la dureza” del corte con categoría 5 estrellas cuando el mismo fue sometido al método de cocción asado, siendo la maduración un factor favorecedor con respecto a esta característica. También se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de cocción en las tres categorías (3, 4 y 5 estrellas) para el mismo atributo en día 0 y 15 de maduración (cuadro 2).

Diafragma

Para el corte de diafragma no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los atributos con respecto a la maduración, sin embargo, el atributo “preferencia de la dureza” mostró significancia estadística entre los métodos de cocción para el corte en categoría tres estrellas donde la cocción húmeda favoreció una menor dureza al igual que en otros cortes previamente mencionados (cuadro 3).

Lomo

Para el lomo se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el atributo “preferencia de la dureza” en las tres categorías de clasificación estudiadas (3, 4 y 5 estrellas). Para el corte de categoría 3 estrellas el método de cocción horneado se evaluó como “es algo más duro de lo que me gusta” en el día 0 de maduración, mientras que en el día 15 “es justo como me gusta”. Para la categoría 4 estrellas se presentó significancia

estadística en los métodos de cocción asado y cocido, reflejándose mejor valoración del atributo en el día 15 de maduración. Para el corte 5 estrellas se presentó la diferencia solo en la cocción húmeda, siendo el día 15 de maduración el mejor evaluado en cuanto el atributo de dureza, para esta misma categoría de clasificación se presentaron diferencias con respecto a la maduración en atributos como “apreciación de la calidad general” y “preferencia del sabor” en los que la maduración influyó de manera positiva (cuadro 4).

Antebrazo

Para el corte de antebrazo solo se presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la maduración en el atributo de “jugosidad” en la categoría 4 estrellas cuando el corte fue sometido al método de cocción asado, mostrando ser más jugoso en el día 0 de maduración, sin embargo, ninguno de los tres métodos permitió visualizar una clara superioridad para obtener mejores características sensoriales (cuadro 5).

Nuca y pecho

Para el corte de nuca se presentaron diferencias estadísticamente significativas para “preferencia de la dureza”, mismo atributo con significancia estadística con respecto a la maduración para cortes mencionados previamente, en este caso se presentó para la categoría 5 estrellas en el corte sometido al método de cocción asado, mostrando una mejor evaluación del atributo en el día 15 de maduración. Para el corte de pecho no se presentaron diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados con respecto a la maduración (cuadro 6).

Discusión

La producción de alimentos requiere del establecimiento y cumplimiento de parámetros de calidad no sólo microbiológica, química o

física, sino también organoléptica, debido a que las exigencias del consumidor actual se orientan cada vez más por aspectos cualitativos que por los cuantitativos, prefiriendo aquellos productos que tengan ciertos atributos sensoriales que lo satisfagan (Rai, 2023). Esto ha llevado a que el concepto de calidad cambie desde la adaptación de las especificaciones internas de la empresa productora hacia la capacidad de la organización para satisfacer las necesidades del cliente (Okpala, 2024).

Las experiencias del consumidor se pueden establecer mediante el análisis sensorial permitiendo conocer el grado de satisfacción del mismo. En la presente investigación se encontraron diferencias sobre los atributos sensoriales entre los cortes del tren delantero de carne bovina de la región del Urabá Antioqueño, fresca y madurada que van en concordancia con la categoría y el método de cocción al que se expuso cada corte.

Las diferencias estadísticas encontradas sugieren el atributo “preferencia de la dureza” como uno de los más destacados, este constituye una de las características más críticas en la preferencia sensorial de esta línea de productos según (Pathare y Roskilly, 2016) y su modificación está altamente determinada por la selección del método de preparación de la carne.

El origen de la cocción de la carne es tan antiguo como la civilización misma y ocurrió cuando la carne fue expuesta en forma accidental al calor y se descubrió una mayor facilidad para el consumo, además de una mayor concentración de olores y sabores. Con un proceso adecuado de cocción el colágeno en su forma viscosa original se transforma en gelatina más suave y hay una separación de fibras musculares, contribuyendo a disminuir la dureza (Warner, 2024; Tang et al., 2023).

A pesar de lo anterior, se debe considerar

que la terneza (que se define como la dificultad o facilidad para cortar o masticar un trozo de carne) es el resultado también de factores intrínsecos al animal, al sistema de producción y al proceso post-mortem como sexo, edad, genética, rendimiento individual y nutrición, variables que deben pueden manejarse previamente (Braña et al., 2011; Torrico et al., 2018).

La AMSA sugiere la utilización de métodos de cocción secos para cortes con mayor terneza, y métodos de cocción húmedos para aquellos con menor terneza, suavizando el tejido conectivo, previniendo la resequedad en la superficie y desarrollando sabores más intensos, lo que significa que la aplicación de métodos de cocción apropiados pueden modificar la percepción sensorial del producto por las reacciones generadas como respuesta al contacto con el calor bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura donde se destaca la reacción de Maillard por la generación de compuestos coloreados y sustancias volátiles responsables del sabor y olor de la carne cocida, especialmente en la cocción húmeda, la cual, influyó en la preferencia de la dureza.

Respecto a las limitaciones del estudio es necesario mencionar que la demora en la evaluación por parte de algunos panelistas generaba el enfriamiento del producto. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que los métodos de cocción se aplicaron sin adiciones de ingredientes, aspecto que podría modificarse en la cotidianidad de los hogares o establecimientos que lleven a cabo una preparación de los productos, por lo cual sería de interés evaluar los cambios sensoriales al realizar preparaciones con adición de otros ingredientes convencionales como la sal, hierbas y especias.

Conclusiones

Con base en los resultados del estudio, se

concluye que mediante el análisis descriptivo cuantitativo fue posible aproximarse al perfil sensorial de los cortes de carne bovina obtenidos del cuarto delantero de las canales seleccionadas del Urabá Antioqueño, permitiendo resaltar que la calidad de los siete cortes varia significativamente entre ellos en algunos atributos, y la diversidad de las características fisicoquímicas y la particularidad en las propiedades sensoriales (que conforman la calidad total de un alimento) es exclusiva de cada corte (3, 4 y 5 estrellas) dependiendo de las variables a las que se exponga el mismo, en este caso, maduración y método de cocción, pudiendo determinar que preparación es la ideal para cada uno estableciendo que no solo los cortes de primera son los de mejor calidad.

Adicionalmente, se destaca el atributo de dureza como uno de los determinantes cuándo los cortes se someten a maduración indicando que la misma influye de manera positiva en la aceptación del corte por parte del consumidor.

Agradecimientos

Se agradece a Minciencias y a la Gobernación de Antioquia como financiadores de la investigación bajo la modalidad de regalías en el proyecto bases científicas y tecnológicas para la puesta en marcha de un sello de calidad de carne bovina en la región del Urabá Antioqueño. Contrato N° 80740-010-2019. Proyecto No 63343.

Financiamiento

Investigación financiada por Minciencias y Gobernación de Antioquia.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses con respecto al trabajo presentado en este informe.

Cuadro 1. Calidad del corte del brazuelo según método cocción día 0 y día 15

Atributo	DÍA 0											
	Calidad											
	3 estrella				4 estrellas				5 estrellas			
	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value
Apreciación calidad general	2 (2-2)	2 (2-2)	2 (1-2)	0,368	2 (2-2)	2 (2-2)	2 (1-2)	0,699	2 (2-2)	2 (2-3)	2 (1-2)	0,114
Presencia de colores atípicos	1,2 (1-2)	1 (0,4-1,5)	1,6 (0,5-3)	0,592	1,6 (0,4-2)	0,5 (0,5-1)	0,5 (0,2-1,5)	0,565	0,4 (0,2-2)	1 (0,5-1,8)	1 (0,5-1,5)	0,942
Preferencia de la dureza	4 (3-4) *	3 (3-3) *	3 (3-4)	0,076	4 (3-4)	3 (2-3)	3 (3-4)	0,020	3 (3-3)	3 (2-3)	3 (3-4)	0,018
Preferencia intensidad color	3 (3-4)	2 (2-3)	3 (3-4)	0,008	3 (3-4)	2 (2-3)	3 (3-3)	0,007	3 (3-3)	2 (1-3)	3 (3-3)	0,158
Jugosidad	5 (4,5-5,5)	3 (2,2-3,5)	3,4 (3-3,5)	0,002	4 (3,2-4,6)	2,5 (2,4-3)	4,5 (4-4,6)	0,007	4,4 (4-5,8)	3,4 (1,5-4)	3,2 (3-5)	0,085
Preferencia sabor	2 (1-2)	2 (2-3) *	2 (2-2)	0,535	2 (2-3)	2 (2-3)	2 (1-2)	0,722	2 (1-2)	3 (2-3)	2 (2-3)	0,309
DÍA 15												
Apreciación calidad general	2 (2-2)	3 (2-3)	2 (2-2)	0,051	2 (2-3)	2 (2-3)	2 (2-2)	0,846	2 (2-2)	3 (2-3)	2 (2-3)	0,161
Presencia de colores atípicos	1,5 (0,5-2)	0,6 (0,5-1,4)	0,8 (0,4-1,6)	0,697	1,4 (0,5-2,4)	1 (0,5-1)	0,4 (0,4-1,5)	0,577	0,6 (0,5-1)	1 (1-1,5)	1,5 (0,4-2)	0,530
Preferencia de la dureza	3 (3-3)	2 (1-3)	3 (3-3)	0,002	3 (3-3)	3 (2-3)	4 (3-4)	0,092	3 (3-3)	3 (2-3)	3 (3-3)	0,009
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2 (1-2)	3 (3-4)	0,003	3 (3-3)	2 (2-3)	3 (3-4)	0,035	3 (3-4)	2 (2-3)	3 (3-4)	0,039
Jugosidad	4,5 (4,2-6)	2,4 (1,6-3,5)	4 (2,6-4,4)	0,013	4,5 (3,6-5)	2,5 (2,2-3,5)	5 (3,4-5,2)	0,031	4 (2,6-5,4)	4 (2-4)	4 (2,6-5)	0,258
Preferencia sabor	2 (2-2)	3 (3-3)	2 (2-2)	0,001	2 (1-3)	2 (2-3)	2 (2-3)	0,983	2 (2-3)	3 (2-4)	2 (2-3)	0,134

+ Valor de p para establecer diferencias estadísticas entre la calidad del corte según el método de cocción. Prueba estadística no paramétrica H de Kruskal Wallis

* Diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados según calidad del corte y método de cocción entre día 0 y día 15. Prueba estadística para muestras pareadas Wilcoxon – valor de $p < 0,05$.

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 2. Calidad del corte costilla según método cocción día 0 y día 15

Atributo	DÍA 0											
	Calidad											
	3 estrella				4 estrellas				5 estrellas			
	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value
Apreciación calidad general	2 (2-3)	2 (2-2)	3 (2-3)	0,447	2 (2-3)	2 (2-2)	2 (2-2)	0,273	3 (2,75-3)	3 (2,75-3,25)	3 (2-3,25)	0,884
Presencia de colores atípicos	1,4 (0-2)	0,5 (0-1)	1 (0-2)	0,558	1,5 (0-2)	0,5 (0,4-1,5)	1,4 (0-2)	0,792	1,5 (0,6-3,65)	1 (0,375-1,75)	1,4 (0,15-3,63)	0,859
Preferencia de la dureza	5 (4-5)	3 (2-3)	4 (4-4)	0,000	4 (4-5)	3 (2-4)	4 (3-5)	0,019	5 (4,75-5) *	2 (1-3)	4 (4-5)	0,000
Preferencia intensidad color	3 (2-3)	2 (2-2)	2 (2-3)	0,326	3 (3-4)	3 (2-3)	3 (3-4)	0,014	3 (3-3,25)	2 (1-3)	3 (3-3)	0,006
Jugosidad	5 (4-5,5)	2,5 (2-2,8)	3,4 (3-4)	0,009	5,4 (4-6)	2,5 (2-3,5)	4 (3,5-6)	0,027	3 (2,75-3,67)	2,75 (1,9-5)	3,75 (2,38-5)	0,854
Preferencia sabor	2 (2-2)	2 (2-3)	2 (2-3)	0,539	2 (2-2)	2 (2-3)	2 (2-3)	0,501	3 (2,75-3,25)	3 (2-3,25)	2,5 (2-3)	0,712
DIA 15												
Apreciación calidad general	3 (2-3)	2 (2-3)	3 (2-3)	0,824	2 (2-3)	2 (2-2)	2 (2-3)	0,790	3 (3-3)	3 (2,75-3,25)	3 (2,75-3,25)	0,910
Presencia de colores atípicos	0,4 (0,2-1)	1 (0-2,3)	1 (0,5-4)	0,810	0,5 (0-1)	1 (0,5-1,5)	2 (0,6-3,5)	0,511	1,5 (0,75-4,22)	1,1 (1-4,13)	0,75 (0,375-4,5)	0,908
Preferencia de la dureza	4 (4-4)	3 (3-3)	4 (4-5)	0,007	3 (3-4)	3 (3-3)	4 (3-4)	0,007	4 (4-4)	2 (1,75-2,25)	4 (3,75-5)	0,001
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2 (2-3)	3 (3-3)	0,008	3 (3-3)	3 (2-3)	3 (2-3)	0,089	3 (3-3,25)	2 (2-2,25)	3,5 (2,75-4)	0,011
Jugosidad	4,9 (4-5,3)	2 (1,5-3,5)	4 (3,5-4,8)	0,019	4,3 (4-5)	2,5 (2,2-4,5)	3,5 (3,2-5)	0,180	4 (3,2-4,53)	3 (1,2-4,2)	3,75 (2,63-5,25)	0,425
Preferencia sabor	2 (2-3)	3 (2-3)	3 (2-3)	0,323	2 (2-4)	2 (2-3)	2 (2-3)	0,915	3 (2,75-4)	3 (3-4,25)	3 (2,75-3,25)	0,729

+ Valor de p para establecer diferencias estadísticas entre la calidad del corte según el método de cocción. Prueba estadística no paramétrica H de Kruskal Wallis

* Diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados según calidad del corte y método de cocción entre día 0 y día 15. Prueba estadística para muestras pareadas Wilcoxon – valor de $p < 0,05$

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 3. Calidad del corte diafragma según método cocción día 0 y día 15

Atributo	DÍA 0											
	Calidad											
	3 estrella				4 estrellas				5 estrellas			
	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value
Apreciación calidad general	2 (2-3)	3 (2-3)	2 (2-3)	0,306	2 (2-2)	2 (2-2)	1 (1-2)	0,326	2 (2-2)	2 (2-2)	2 (2-2)	0,682
Presencia de colores atípicos	1 (0,4-1,6)	0,2 (0-2)	0,4 (0-1,5)	0,854	0,5 (0-1)	0 (0-0,3)	0,5 (0,1-1)	0,281	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-1)	0,763
Preferencia de la dureza	4 (3-4)	3 (2-3)	4 (4-4)	0,015	3 (3-3)	3 (3-3)	3 (3-4)	0,311	4 (3-4)	3 (3-3)	4 (3-4)	0,389
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2 (1-3)	3 (3-4)	0,014	3 (3-3)	3 (2-3)	3 (3-3)	0,503	3 (3-4)	2 (1-3)	3 (3-4)	0,040
Jugosidad	4 (3-4,8)	3 (1,8-4,2)	4 (3-4,5)	0,384	5 (4-5,3)	3,2 (3-3,8)	4,4 (4-4,5)	0,063	4 (3-6)	3 (3-3)	4 (4-5)	0,451
Preferencia sabor	2 (2-3)	3 (2-3)	2 (2-2)	0,177	2 (2-2)	2 (2-2)	1 (1-2)	0,274	2 (2-2)	2 (2-3)	2 (2-2)	0,731
DÍA 15												
Apreciación calidad general	3 (2-3)	3 (2-4)	2 (2-2)	0,221	2 (2-3)	2 (2-2)	2 (1-2)	0,155	2 (2-3)	2 (2-3)	2 (2-2)	0,959
Presencia de colores atípicos	0,9 (0,575-1,05)	0,5 (0-1,4)	0,6 (0-1,5)	0,771	0,9 (0-1,1)	0,2 (0,1-0,7)	1 (0,8-1,4)	0,336	0 (0-1)	0,5 (0-0,5)	0 (0-0,9)	0,991
Preferencia de la dureza	3 (3-4)	2 (1-3)	4 (3-4)	0,002	4 (3-4)	3 (3-3)	4 (3-4)	0,097	3 (3-3)	3 (3-4)	4 (3-4)	0,459
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2 (1-3)	3 (3-4)	0,004	3 (3-4)	2 (2-3)	3 (3-4)	0,164	3 (3-4)	2 (2-2)	3 (3-3)	0,028
Jugosidad	5 (3,6-5,65)	2,6 (2-4,4)	4,2 (3-5)	0,137	3 (3-5,2)	3 (2,9-4,1)	4 (3,2-4,9)	0,610	3 (2-4)	2,3 (2-2,5)	3 (3-3)	0,496
Preferencia sabor	2,5 (1,75-3)	3 (2-4)	2 (2-3)	0,474	2 (2-3)	2 (2-2)	2 (1-2)	0,145	2 (2-4)	2 (2-2)	2 (2-3)	0,896

+ Valor de p para establecer diferencias estadísticas entre la calidad del corte según el método de cocción. Prueba estadística no paramétrica H de Kruskal Wallis

* Diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados según calidad del corte y método de cocción entre día 0 y día 15. Prueba estadística para muestras pareadas Wilcoxon – valor de $p < 0,05$

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 4. Calidad del corte lomo según método cocción día 0 y día 15

Atributo	DÍA 0											
	Calidad											
	3 estrella				4 estrellas				5 estrellas			
	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value
Apresiasión calidad general	2 (2-3)	2 (2-2)	2 (2-2)	0,525	3 (2-3)	2 (2-3)	2 (2-2)	0,248	2 (1,25-2)	3 (2,25-3)	2 (2-2,775) *0,028	
Presencia de colores atípicos	0,75 (0,05-2,63)	0 (0-0,425)	1,5 (0,4-3,23)	0,071	1 (0-2,5)	1 (0-1)	0 (0-1,5)	0,322	1,3 (0,125-2,88)	1,25 (0,1-1,88)	1 (0,125-1,38)	0,832
Preferencia de la dureza	3,5 (3-4,75)	3 (3-3)	4 (3,25-4) *	0,006	4 (4-5) *	4 (3-4) *	4 (3-4)	0,076	3 (3-4)	4 (4-4) *	3 (3-4)	0,202
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2 (2-3)	3 (3-3)	0,014	3 (3-3)	4 (3-4)	3 (2,5-3)	0,154	3 (3-3)	1,5 (1-2,75)	2 (2-2)	0,003
Jugosidad	5,45 (5-6)	3 (2-3,88)	5,25 (4,25-6,38)	0,038	4 (2-4,5)	2 (1-2,5)	3 (3-5)	0,006	5 (3,75-5,75)	1,5 (1,4-1,95)	5 (3,42-5,38)	0,002
Preferencia sabor	2 (2-2)	2 (2-2,75)	2 (2-3)	0,858	3 (2-3)	2 (2-3)	2 (2-2)	0,071	2 (1-2)	3 (3-3,75)	2 (2-3) *	0,014
DÍA 15												
Apresiasión calidad general	2 (1,25-2)	2 (2-2)	2 (1,25-2)	0,799	2 (2-2)	3 (2-3)	2 (2-2,5)	0,418	2 (1,25-2)	2,5 (2-3)	2 (1,25-2)	0,004
Presencia de colores atípicos	0,1 (0-1,3)	0,3 (0-1,75)	0,8 (0,25-1,88)	0,474	1 (0-3,5)	0 (0-1,5)	0 (0-1)	0,757	1,2 (0,2-3,13)	0,75 (0,05-1,45)	1 (0,125-1,15)	0,842
Preferencia de la dureza	3 (3-3,75)	3 (3-3)	3 (3-3)	0,835	3 (3-3,5)	3 (3-3)	3 (3-4)	0,134	3 (3-3)	3 (2,25-3)	3 (3-3)	0,401
Preferencia intensidad color	3 (3-4)	2 (2-3)	3 (3-3)	0,005	3 (3-3)	3 (2-3)	3 (3-3)	0,146	3 (2-3)	2 (1,25-2)	2 (2-3)	0,197
Jugosidad	6 (3,92-7)	2,75 (2,05-4)	5,75 (4-6)	0,017	4 (3,5-5)	2 (1-2,5)	3 (2-4)	0,006	4,6 (3,58-5,38)	1,5 (1,5-1,9)	5,5 (3,85-6)	0,000
Preferencia sabor	2 (1-2)	2 (1,25-3)	2 (2-2,75)	0,470	2 (1-2,5)	3 (2-3,5)	2 (2-2,5)	0,219	1,5 (1-2)	3 (2,25-3)	2 (1,25-2)	0,002

+ Valor de p para establecer diferencias estadísticas entre la calidad del corte según el método de cocción. Prueba estadística no paramétrica H de Kruskal Wallis

* Diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados según calidad del corte y método de cocción entre día 0 y día 15. Prueba estadística para muestras pareadas Wilcoxon – valor de p < 0,05

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 5. Calidad del corte antebrazo según método cocción día 0 y día 15

Atributo	DÍA 0											
	Calidad											
	3 estrella				4 estrellas				5 estrellas			
	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value
Apreciación calidad general	2,5 (2-3)	3 (2,75-3,25)	2 (1,75-2,25)	0,239	2,5 (2-3)	2,5 (2-3)	2,5 (2-3)	1,000	2 (1-2)	3 (2-3)	3 (2-3)	0,231
Presencia de colores atípicos	1,75 (1,27-2,02)	1,6 (0,9-2,65)	1,75 (1,15-2)	0,937	2,8 (2,08-3,77)	1,3 (0,825-1,77)	2,15 (1,68-2,98)	0,174	2,4 (1,5-2,5)	1,3 (1,1-1,5)	2 (1,5-2,2)	0,172
Preferencia de la dureza	4,5 (3,75-5)	3,5 (3-4,25)	3,5 (3-4)	0,468	3 (3-3,25)	3 (2,75-3,25)	3 (2,75-3,25)	0,848	3 (3-3)	3 (3-4)	4 (3-5)	0,217
Preferencia intensidad color	3 (3-3,25)	2 (1,75-2,25)	3 (3-3,25)	0,047	3 (2,75-3,25)	2 (1,75-2)	3 (2,75-3,25)	0,065	3 (3-3)	2 (2-2)	3 (3-4)	0,018
Jugosidad	3,85 (3,45-4,6)	2,7 (2,35-3,08)	3,95 (3,38-4,63)	0,123	4,75 (4,57-5,03) *	2,65 (2,05-3,15)	4,15 (3,67-4,53)	0,014	3,4 (3,2-4)	2,3 (2,3-4,2)	2,3 (2,3-2,4)	0,729
Preferencia sabor	2 (1,75-2,25)	2,5 (2 - 3)	2 (1-3)	0,661	3 (2,75-3)	3 (3-3)	3 (2,75-3)	0,577	2 (2-2)	2 (2-3)	2 (2-3)	0,652
DIA 15												
Apreciación calidad general	2 (1,75-2,25)	2,5 (2-3)	3 (2,75-3)	0,306	2,5 (2-3,25)	3 (3-3)	2,5 (2-3,25)	0,760	2 (2-2,75)	2 (2-2,75)	2,5 (2-3)	0,865
Presencia de colores atípicos	1,3 (1,03-1,73)	1,35 (0,875-1,88)	2,65 (2,08-3,68)	0,123	3 (2,2-4,08)	1,5 (1,4-2,58)	2,9 (2,17-4,03)	0,481	1,9 (1,57-3,2)	1,15 (1,02-1,72)	2,05 (1,28-2,98)	0,669
Preferencia de la dureza	3,5 (3-4,25)	4 (3,75-4,25)	4 (3,75-4,25)	0,863	2,5 (2-3,25)	3 (2,75-3)	3 (2,75-3,25)	0,852	3,5 (2,25-4,75)	3,5 (3-4)	4 (4-4,75)	0,343
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2,5 (1,75-3)	3,5 (2,5-4)	0,336	3,5 (2,75-4)	2 (1,75-2,5)	3 (2,75-3,25)	0,387	3 (3-3)	2,5 (2-3)	3 (3-3,75)	0,111
Jugosidad	5,1 (4,97-5,43)	2,5 (2,4-2,77)	3,4 (3,22-3,67)	0,015	2,9 (2,5-3,35)	3,65 (3,08-3,82)	3,9 (3,33-4,35)	0,240	3,1 (2,6-4,05)	3,05 (2,47-3,92)	3,1 (0,975-3,8)	0,931
Preferencia sabor	1,5 (1-2)	2,5 (2-3)	2,5 (1,75-3)	0,178	3 (2,75-3,25)	3 (3-3,25)	3,5 (3-4)	0,566	2 (2-2,75)	2 (2-2,75)	3 (2,25-3)	0,286

+ Valor de p para establecer diferencias estadísticas entre la calidad del corte según el método de cocción. Prueba estadística no paramétrica H de Kruskal Wallis

* Diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados según calidad del corte y método de cocción entre día 0 y día 15. Prueba estadística para muestras pareadas Wilcoxon – valor de p < 0,05

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 6. Calidad del corte nuca según método cocción día 0 y día 15

Atributo	DÍA 0											
	Calidad											
	3 estrella				4 estrellas				5 estrellas			
	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value	Asado	Cocido	Horneado	+P-value
Apreciación calidad general	3 (2-3)	2 (2-3)	2 (2-3)	0,627	2 (2-2)	2 (2-2)	2 (2-2,75)	0,322	3,5 (2,75-4)	2 (2-2,25)	3,5 (2,75-4)	0,195
Presencia de colores atípicos	1 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-1)	0,879	0,5 (0-1,75)	0 (0-0,75)	1 (0-2)	0,520	0,25 (0-0,625)	0 (0-0)	0,1 (0-0,4)	0,267
Preferencia de la dureza	4 (4-5)	3 (3-3)	4 (4-5)	0,061	3,5 (3-4)	3 (3-3)	4 (4-4)	0,063	5 (4,75-5) *	3 (2,75-3,25)	5 (5-5)	0,011
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	2 (1-2)	3 (3-3)	0,018	3 (3-3)	2 (2-2,75)	3 (2,25-3)	0,061	3 (2,75-3)	2 (1,75-2,5)	3,5 (2,75-4)	0,357
Jugosidad	2 (2-4)	3 (2-3)	3 (3-3)	0,601	4 (3,25-4,75)	3 (1,5-3)	2 (1,25-3,5)	0,177	4,5 (3,75-5,45)	3,5 (2,75-4,25)	3,5 (2,75-4,25)	0,477
Preferencia sabor	2 (2-2)	3 (2-3)	2 (2-2)	0,078	2 (2-2)	2 (2-2,75)	2 (2-2)	0,119	2,5 (1,75-3)	2,5 (2-3)	2 (2-2,25)	0,832
DÍA 15												
Apreciación calidad general	3 (3-4)	3 (3-4)	3 (2-4)	0,926	2,5 (2-3)	2 (2-2)	2 (2-2,75)	0,512	2 (2-2,25)	3 (2,75-3)	2,5 (1,75-3)	0,453
Presencia de colores atípicos	0 (0-1)	1 (1-1)	1 (0-1)	0,592	1 (0-2,75)	0 (0-0,75)	1,5 (0,25-2)	0,447	0,25 (0-0,625)	0 (0-0,1)	0 (0-0,25)	0,632
Preferencia de la dureza	5 (5-5)	3 (3-4)	5 (5-5)	0,031	4 (3,25-4)	3 (3-3)	4 (3,25-4)	0,026	3,5 (3-4)	2 (2-2,25)	4,5 (3,75-5)	0,027
Preferencia intensidad color	3 (3-3)	1 (1-2)	3 (3-3)	0,004	3 (2,25-3)	2 (2-2)	3 (3-3)	0,068	3 (3-3)	1,5 (1-2,5)	3 (2,75-3,25)	0,345
Jugosidad	3 (3-4)	2 (1-2)	3 (2-4)	0,110	4 (2,5-4,75)	4 (2,5-4)	3 (2,25-3,75)	0,678	6 (5,75-6,2)	2,9 (2,6-3,5)	3,5 (2,88-4,5)	0,055
Preferencia sabor	2 (2-3)	3 (3-3)	3 (2-3)	0,160	2 (2-2,75)	2 (2-2)	2 (2-2,75)	0,994	2 (2-2)	3 (2,75-3)	2 (2-2,25)	0,090

+ Valor de p para establecer diferencias estadísticas entre la calidad del corte según el método de cocción. Prueba estadística no paramétrica H de Kruskal Wallis

* Diferencias estadísticamente significativas de los atributos evaluados según calidad del corte y método de cocción entre día 0 y día 15. Prueba estadística para muestras pareadas Wilcoxon – valor de p < 0,05

Fuente: elaboración propia (2025)

Referencias

- Acosta, N. T., López, J. H., Restrepo D. A., y Tellez, G. A. (2022). Commercial meat cuts hardness of dual-purpose cattle from Cundinamarca (Colombia) high tropics zone, *Rev. Fac. Nac. Agron*, 75(1), 9801-9811. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n1.93900>
- American Meat Science Association. Meat Cookery. (2022, febrero). *Methods of cooking meat*. <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines>.
- Braña D., Ramírez E., Rubio M. S., Sánchez A., Torrescano G., Arenas de Moreno M. L., y Ríos F. G. (2011). Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Ajuchitlán, México: Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. *Folleto Técnico No. 11*. pp. 31-39 <https://plataformaiaestphuando.com/wp-content/uploads/2023/02/analisis-de-calidad-en-muestras-de-carne.pdf>
- Cho, S. H., Kim, J., Park, B. Y., Seong, P. N., Kang, G. H., Kim, J. H., Jung, S. G., Im, S.K., & Kim, D. H. (2010). Assessment of meat quality properties and development of a palatability prediction model for Korean Hanwoo steer beef. *Meat Science*, 86, 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.011>
- Cho, S., Kang, S. M., Seong, P., Kang, G., Kim, Y., Kim, J., Lee, S., & Kim, S. (2016). Effect of Aging Time on Physicochemical Meat Quality and Sensory Property of Hanwoo Bull Beef. *Korean Journal for food science of animal resources*, 36(1), 68–76. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.68>
- Gajaweera, C., Chung, K. Y., Lee, S. H., Wijayananda, H. I., Kwon, E. G., Kim, H. J., Cho, S. H., & Lee, S. H. (2020). Assessment of carcass and meat quality of longissimus thoracis and semimembranosus muscles of Hanwoo with Korean beef grading standards. *Meat science*, 160, 107944. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107944>
- Gok, V., Uzun, T., Tomar, O., Çağlar, M., & Çağlar, A. (2019). The effect of cooking methods on some quality characteristics of gluteus medius. *Food Sci. Technol, Campinas*, 39(4), p 999-1004. <https://doi.org/10.1590/fst.13018>
- Hocquette, J. F., Van Wezemael, L., Chriki, S., Legrand, I., Verbeke, W., Farmer, L., Scollan, N. D., Polkinghorne, R., Rødbotten, R., Allen, P., & Pethick, D. W. (2014). Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat science*, 97(3), 316–322. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.031>
- Mccarthy, S. N., Henchion, M., White A., Brandon, K., & Allen, P. (2017) Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, 132, 2017, p 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- Meyerding, S., Gentz, M., Altmann, B., & Meier-Dinkel, L. (2018). Beef quality labels: A combination of sensory acceptance test, stated willingness to pay, and choice-based conjoint analysis. *Appetite*, 127, 324–333. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.05.008>
- Okpala, C. O. R., & Korzeniowska, M. (2023). Understanding the relevance of quality management in agro-food product industry: From ethical considerations to assuring food hygiene quality safety standards and its associated processes. *Food Reviews International*, 39(4), 1879–1952. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1938600>
- O'Quinn, T. G., Legako, J. F., Brooks, J. C., & Miller, M. F. (2018). Evaluation of the contribution of tenderness, juiciness, and flavor to the overall consumer beef eating experience. *Translational animal science*, 2(1), 26–36. <https://doi.org/10.1093/tas/txx008>
- Sánchez, I. C. y Albarracín, W. (2010) Análisis sensorial en carne. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 23:227-239. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902010000200012
- Pathare, P. B., Roskilly, A. P. (2016). Quality and Energy Evaluation in Meat Cooking. *Food Eng Rev* 8, 435–447. <https://doi.org/10.1007/s12393-016-9143-5>
- Rai, S., Wai, P. P., Koirala, P., Bromage, S., Nirmal, N. P., Pandiselvam, R., Nor-Khaizura, M. A. R., & Mehta, N. K. (2023). Food product quality, environmental and personal characteristics affect consumer perception toward food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1222760. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1222760>

- Tang, C., Xu, Y., Zhou, K., Xie, Y., Ma, Y., Li, C., Xu, F., Zhou, H., & Xu, B. (2023). Mechanism behind the deterioration in gel properties of collagen gel induced by high-temperature treatments: A molecular perspective. *Food Research International*, 171, 112985. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112985>
- Torrico, D. D., Hutchings, S. C., Ha, M., Bittner, E. P., Fuentes, S., Warner, R. D., & Dunshea, F. R. (2018). Novel techniques to understand consumer responses towards food products: A review with a focus on meat. *Meat science*, 144, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.006>
- Trevisan, A. J., de Almeida Lima, D., Sampaio, G. R., Soares, R. A., & Markowicz Bastos, D. H. (2016). Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef. *Food chemistry*, 196, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.008>
- Warner, R. D., Wheeler, T. L., Ha, M., Li, X., Bekhit, A. E.-D., Morton, J., Vaskoska, R., Dunshea, F. R., Liu, R., Purslow, P., & Zhang, W. (2022). Meat tenderness: Advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies. *Meat Science*, 185, 108657. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108657>

Formulación de una bebida láctea con guanábana como estrategia nutricional para mejorar la ingesta de zinc y calcio en adultos jóvenes colombianos

Formulation of a soursop-based dairy beverage as a nutritional strategy to improve zinc and calcium intake in young colombian adults

Luisa María Atehortúa-Orozco^{1*}; Samuel Cadavid-Arenas¹; Juan Andrés Duque-Montoya¹; Luisa Fernanda Vásquez-Escudero¹

¹ Universidad CES, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Grupo de investigación NUTRAL. Calle 10 A # 22 – 04,

*correo electrónico: atehortuaoluisa@uces.edu.co

Recibido: 29/ago/2025 Aceptado: 11/nov/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.vi0.117>

ID 1er. Autor: *Luisa María Atehortúa-Orozco* / **ORCID:** 0009-0002-6909-7712

ID 1er. Coautor: *Samuel Cadavid-Arenas* / **ORCID:** 0009-0005-9923-8354

ID 2do. Coautor: *Juan Andrés Duque-Montoya* / **ORCID:** 0009-0001-0531-5787

ID 3er. Coautor: *Luisa Fernanda Vásquez-Escudero* / **ORCID:** 0009-0006-0685-8261

Resumen

Introducción: el zinc y el calcio son micronutrientes críticos en Colombia, la oferta de productos generados por la industria no aporta soluciones para mejorar la situación nutricional actual, caracterizada por la deficiencia de estos micronutrientes. **Objetivo:** formular una bebida láctea con guanábana como alta fuente en zinc y buena fuente de calcio para población colombiana de 19 a 30 años en riesgo de deficiencia nutricional. **Materiales y métodos:** el desarrollo estuvo dividido en tres etapas: validación de la información para el desarrollo de las formulaciones, diseño experimental de las formulaciones, evaluación sensorial con panel entrenado. Se desarrollaron 3 formulaciones, 2 con guanábana fresca y 1 con guanábana liofilizada donde fueron evaluadas con un panel sensorial entrenado los atributos de homogeneidad, olor láctico, sabor a guanábana, sabor lácteo, sabor dulce y viscosidad. **Resultados:** la bebida que contenía la guanábana liofilizada fue el producto con mayor aceptación en todos los atributos sensoriales evaluados, convirtiéndose en el resultado final con un cubrimiento de zinc esperado. **Conclusiones:** se obtuvo una bebida láctea con sabor a guanábana, de gran aceptabilidad por un panel sensorial experto, que cubre los requerimientos de zinc para el día a día de la población colombiana de 19-30 años.

Palabras clave: industria de alimentos, valor nutricional, liofilización, seguridad alimentaria, necesidades nutricionales

Abstract

Introduction. Zinc and calcium are critical micronutrients in Colombia, yet the range of products currently available in the food industry fails to address the nutritional challenges associated with widespread deficiencies of these micronutrients. **Objective.** To formulate a soursop-based dairy beverage as a high source of zinc and a good source of calcium for Colombian adults aged 19 to 30 years who are at risk of nutritional deficiencies. **Materials and Methods.** The development process was divided into three stages: (1) validation of the information required for the formulation design, (2) experimental design of the formulations, and (3) sensory evaluation conducted by a trained panel. Three formulations were developed: two using fresh soursop and one using freeze-dried soursop. Sensory attributes including homogeneity, lactic odor, soursop flavor, dairy flavor, sweetness, and viscosity were assessed by the trained panel. **Results.** The beverage containing freeze-dried soursop achieved the highest acceptance across all evaluated sensory attributes, becoming the final optimized formulation with an expected zinc coverage. **Conclusions.** A soursop-flavored dairy beverage was successfully developed, showing high acceptability among an expert sensory panel and meeting the daily zinc requirements for Colombian adults aged 19 to 30 years.

Keywords: Food industry, nutritive value, freeze drying, food security, nutritional requirements.

Introducción

El zinc es un micronutriente importante para el desarrollo cognitivo y motor, además, está relacionado con el sistema inmune y procesos celulares (Chen, 2023). Sus fuentes en alimentos son principalmente de origen animal como: ostras, carnes rojas, mariscos y fuentes de origen vegetal en cereales integrales y frutos secos, los cuales según las Guías Alimentarias Basadas en Alimento (GABA) presentan un menor consumo en diferentes regiones de Latinoamérica debido a que en algunos casos los costos de estos alimentos, principalmente de origen animal son elevados, limitando el acceso y consumo. Es aquí donde la seguridad alimentaria y nutricional de poblaciones vulnerables se ve afectada.

El consumo de zinc en los últimos años ha despertado un interés especial para la salud pública debido a los cuadros clínicos que se desencadena una ingesta inadecuada. En contextos clínicos de baja ingesta de zinc, los síntomas que se presentan son: diarrea, deterioro en el crecimiento y desarrollo, lesiones en los ojos, pérdida de cabello y peso (Bellini et al., 2024), y los signos que se manifiestan en la deficiencia son: enfermedades cardiovasculares, inflamación y estrés oxidativo. Actualmente, el zinc es considerado un nutriente crítico en la población colombiana, donde según la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) (2015), en Colombia la prevalencia de deficiencia de zinc es del 36 % (Marín, 2021).

La deficiencia del zinc como micronutriente se determina cuando su ingesta es menor a 3-5 mg/día en niños y niñas de 1-8 años y de 8-11 mg/día en mujeres y hombres adultos. En América Latina, un 50 % de la población se encuentra en elevado riesgo de deficiencia de zinc, lo cual es considerado como una dificultad de salud pública puede comprometer el crecimiento y desarrollo adecuado y saludable de las personas.

Por otra parte, el calcio también se configura como un micronutriente crítico, cuya ingesta deficiente genera a corto plazo calambres, debilidad muscular, fatiga e irritabilidad; cobrando adicionalmente especial importancia sobre el mantenimiento de la salud ósea, control de la producción de la hormona paratiroidea, salud cardiovascular, síndrome metabólico, diabetes mellitus y resistencia a la insulina, entre otros (Shlisky, 2022).

Para el consumo de estos micronutrientes la ENSIN (2015) en Colombia, señala que la prevalencia de riesgo en la ingesta de zinc para ese año fue del 62,3 %, mientras que la prevalencia de la deficiencia de ingesta de calcio fue del 85,8 % y en zonas rurales de Colombia se presentó un mayor riesgo de deficiencia de 75,5 % para el zinc y 92,5 % para el calcio respectivamente; sin embargo, todas las regiones mostraron una prevalencia en la deficiencia que supera el 80% (ICBF, 2015).

Las deficiencias de micronutrientes, particularmente de zinc, evidencian la necesidad de desarrollar estrategias nutricionales orientadas a mejorar la salud pública. La evidencia científica respalda la implementación de intervenciones basadas en fortificación alimentaria como un enfoque eficaz. De acuerdo con una revisión sistemática, la fortificación de alimentos con zinc, ya sea administrado de forma aislada o en combinación con otros micronutrientes, se asocia con un aumento significativo en las concentraciones séricas o plasmáticas de zinc. Además, este tipo de intervenciones ha mostrado efectos potencialmente beneficiosos en la ganancia ponderal y en la optimización de la función cognitiva (Tsang et al., 2021).

Los países en vía de desarrollo consumen menos leche líquida que los países desarrollados, en muchas ocasiones se ha visto que su consumo disminuye significativa y progresivamente a medida que se aumenta la

edad. No solo se presenta el riesgo de deficiencia de calcio por el bajo consumo de lácteos y los demás alimentos fuentes, sino que se presenta, además, riesgo de una ingesta inadecuada de proteínas de alto valor biológico que a largo plazo afectan negativamente la salud de la población.

Es importante señalar cómo la industria productora de alimentos ha generado grandes transformaciones a la materia prima para ofrecer a los consumidores una amplia oferta de productos lácteos, en especial aquellos que han sido saborizados, los cuales aportan características organolépticas y sensoriales diferenciales que captan la atención y la opción de compra (Ruiz y Herrero, 2021).

La propuesta de desarrollar una bebida láctea fuente de zinc y calcio para contribuir a la prevención de deficiencias nutricionales y mejorar el estado nutricional es tecnológicamente aplicable en diversos campos que impacten de manera positiva la salud y la forma en la cual se alimentan los colombianos, debido a las características sensoriales y aprovechamiento biológico de los nutrientes presentes en la misma matriz alimentaria.

Al indagar sobre la disponibilidad de la guanábana, se encontró que de acuerdo a la Hoja de Balance de Alimentos colombiana del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) de los años 2015 y 2016, la disponibilidad promedio por habitante de guanábana fue de 1,6 gramos netos por día y 0,8 kilogramos por año de acuerdo a la matriz fundamental de equilibrio 2016, además, estando disponible para el consumo alimentario en todas las temporadas del año, debido a que es de fácil acceso económico y permite potenciar la economía rural de los productores (ICBF, 2016).

Además, la guanábana fue seleccionada como uno de los ingredientes principales para la formulación de la bebida láctea por sus

características organolépticas y su aporte nutricional característico de zinc, siendo de 15,7 mg por cada 100 gramos de guanábana (ICBF, 2018), por lo tanto, para el desarrollo del producto no es necesario enriquecer o fortificar la leche saborizada ya que este alimento será fuente natural de este micronutriente.

Material y métodos

El desarrollo de la bebida láctea fue realizado en el Centro de Estudios Avanzados en Nutrición y Alimentación (CESNUTRAL) de la Universidad CES. Se realizó en tres etapas: análisis y recopilación de la información sobre requerimientos nutricionales en una población de 19 a 30 años, formulación de la bebida y evaluación sensorial con panel entrenado para identificar la aceptación entre muestras.

Análisis y recopilación de la información

Para obtener una bebida láctea de guanábana con alta fuente en zinc y buena fuente de calcio, se realizó una búsqueda sobre las necesidades y deficiencias de micronutrientes que posee la población colombiana de 19 a 30 años y normativas colombianas como la Norma Técnica Colombiana 1419 (NTC) y la resolución 810 de 2021 sobre regulaciones para la formulación y el diseño de una bebida láctea saborizada que cumpla con los requisitos mínimos de ingredientes para obtener un producto donde su aporte nutricional sea apropiado para la población objetivo. Para obtener el aporte de nutrientes de los ingredientes, se hizo uso de los datos contenidos en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos del ICBF.

Formulación

Para llevar a cabo las formulaciones, se hizo uso de las instalaciones de CESNUTRAL en la Universidad CES, donde la materia prima

se adquirió con productores locales y financiada por los autores, sin embargo, los materiales e insumos como licuadoras, estufas, kit de cubiertos, sartenes, procesador de alimentos, tamiz y liofilizador para el desarrollo del proceso fueron suministrados por el laboratorio.

Se realizaron diferentes formulaciones con el fin de obtener una aproximación a la cantidad de ingredientes utilizados para evitar desperdicios. Los procesos de formulación se desarrollaron por rangos de porcentajes según las concentraciones encontradas en la NTC 1419 para las leches saborizadas (Ministerio de Salud, 2004); las formulaciones que cumplieron con los requisitos nutricionales y las características organolépticas fueron materializadas.

Según los requisitos de composición de bebidas lácteas saborizadas en la NTC 1419, se obtuvieron 3 formulaciones con los siguientes porcentajes:

1. Leche líquida entera pasteurizada (90 %), guanábana fresca (9 %), azúcar blanca (0,5 %), espesante (0,5 %) (Muestra 289).

2. Leche líquida entera pasteurizada (90 %), guanábana fresca (9 %), azúcar blanca (0,4 %), espesante (0,5 %), esencia de vainilla (0,1 %) (Muestra 139).

3. Leche líquida entera pasteurizada (90 %), guanábana liofilizada (3 %), azúcar blanca (1 %), espesante (6 %) (Muestra 541).

Se precalentó la leche hasta 60 °C, se agregaron los ingredientes ya pesados hasta integrarse para luego alcanzar una temperatura de 80 a 85° por 5 minutos para pasteurizar. Una vez alcanzada la temperatura, se bajó las ollas del fuego, se envasó en frascos de vidrio y se llevó a refrigeración como se observa en la figura 1.

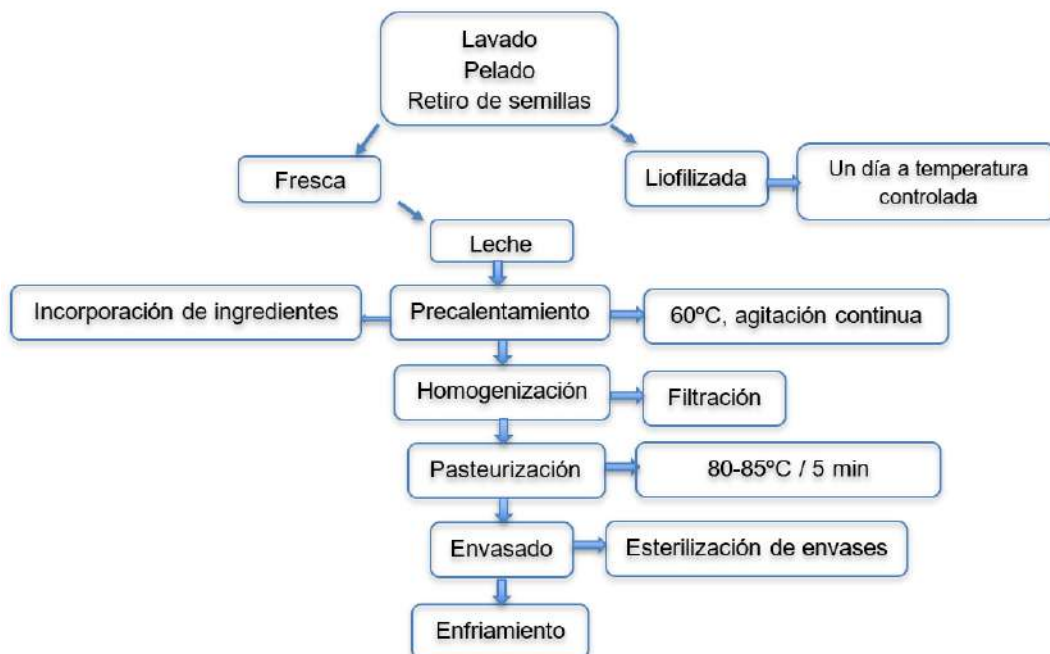


Figura 1. Flujograma con el paso a paso realizados para la elaboración y obtención de la bebida láctea.

Fuente: elaboración propia (2025).

La pulpa de guanábana (*Annona muricata*) se obtuvo luego de pelar, separar y retirar las semillas, posteriormente se introdujo al liofilizador por 24 horas a temperatura controlada, pasado el tiempo, fue llevada al procesador de alimentos para obtener polvo de guanábana.

Evaluación sensorial

Se utilizó la metodología de perfil descriptivo cuantitativo y las muestras de 1 onza fueron codificadas de la siguiente manera: 289, 139 y 541, luego fueron analizadas por el panel de análisis sensorial de la Universidad CES - CESNUTRAL (Medellín, Colombia), conformado por 6 panelistas que recibieron entrenamiento previo sobre la metodología de evaluación de los atributos sensoriales y sobre la escala de calificación.

Se solicitó calificar la intensidad de los atributos con una escala de respuesta estructurada de 7 puntos, donde 1 representaba ausencia del atributo y 7 la mayor intensidad del atributo de interés. Además, se aplicó una evaluación hedónica teniendo en cuenta la Guía Técnica Colombiana 293:298 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2018). Allí, el panelista reveló, en una escala cualitativa de 4 opciones de respuesta el grado de aceptación para cada muestra, donde se indagó por el sabor a guanábana, sabor dulce, calidad general y viscosidad, las cuales son características que influyen directamente en la decisión de compra del consumidor.

A cada evaluador se le hizo entrega de tres muestras: muestra 289, muestra 139, muestra 541 a una temperatura interna máxima de 4 °C, para lo cual se planeó el tiempo de preparación de las muestras con base en la hora de citación de los panelistas y luego fueron llevadas a refrigeración. Para evitar la fatiga de los panelistas, se entregaron las muestras y se ofreció agua como borrador bucal. Los criterios de exclusión fueron la

inasistencia del panelista a las pruebas y la presencia de síntomas asociados con disminución en la percepción sensorial: resfriado común, dolor de garganta, fiebre, rinorrea, entre otros.

Análisis estadístico

El análisis de la información se realizó a través de la estadística descriptiva básica (frecuencias absolutas y relativas y medidas de tendencia central y dispersión); para determinar la distribución de normalidad de los datos se aplicó la prueba de Shapiro Wilk. El procesamiento de información y el análisis estadístico fue realizado con el software Jamovi 2.4.4, implementando también Microsoft Excel para la edición de cuadros y gráficos.

Resultados

Diseño y elaboración de bebida láctea con guanábana

El resultado obtenido en el diseño y elaboración de la bebida láctea con guanábana como se observa en la figura 1 generó tres productos a partir de tres formulaciones, donde la muestra 289 y 139 las cuales contenían leche líquida entera pasteurizada en un 90 %, guanábana fresca en un 9 %, azúcar blanca en un 0,4 %, espesante como leche de vaca en polvo en un 0,5 %; su diferencia entre ambas fue la esencia de vainilla en la muestra 139 en un 0,1 %, la cual permitió realzar el sabor de la bebida y a la vez, enmascarar el sabor residual producido por la guanábana. Para la muestra final 541 se contó con los siguientes ingredientes: leche líquida entera pasteurizada en un 90 %, guanábana liofilizada en 3 %, azúcar blanca en 1 % y espesante como leche de vaca en polvo en 6 %.

Al contener un porcentaje de distribución en todos los ingredientes de las muestras, sus características como fluidez, consistencia y

textura fueron muy similares entre sí, sin embargo, la elaboración de la muestra 541 permitió una mezcla e integración de los ingredientes más elemental debido a que se utilizó guanábana liofilizada en polvo, diferente a la elaboración de las muestras 289 y 139, las cuales contenían guanábana fresca y se debía retirar la fibra una vez finalizado el paso a paso.

Las formulaciones cumplieron con las características sensoriales y atributos que más adelante se detallan, así mismo, con aspectos nutricionales y requerimientos de nutrientes críticos como el zinc y calcio sin necesidad de suplementación ni enriquecimiento y así, ser catalogada como alta fuente y buena fuente respectivamente en la población colombiana de 19 a 30 años.

Análisis evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial con panelistas expertos a través de dos pruebas: prueba cuantitativa descriptiva y prueba hedónica. La prueba cuantitativa descriptiva se realizó con un total de 6 panelistas expertos del equipo CESNUTRAL. La figura 2 muestra la media de los resultados obtenidos para cada formulación con respecto a la evaluación del sabor a guanábana, sabor dulce, calidad general y viscosidad.

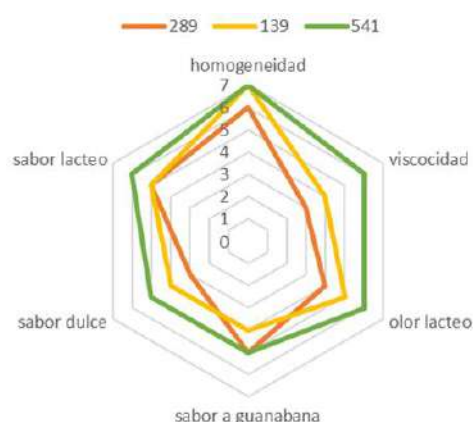


Figura 2. Promedio de las características de la prueba cuantitativa descriptiva.
Fuente: Elaboración propia (2025)

Las muestras analizadas mostraron que no hay diferencias estadísticamente significativas como se observa en el cuadro 1 entre los atributos homogeneidad, sabor lácteo, sabor a guanábana y olor lácteo, mientras que hubo diferencias estadísticamente significativas en los atributos de viscosidad y sabor dulce entre sí.

Muestra 289: obtuvo los valores menores respecto a las otras muestras en homogeneidad, olor lácteo y sabor dulce. Manteniendo un perfil sensorial similar en cuanto a los siguientes atributos respecto a las otras muestras.

Muestra 139: obtuvo valores medios en todos los atributos respecto a la muestra 289 y la muestra 541. Representando un perfil sensorial intermedio en intensidad entre las otras dos muestras.

Muestra 541: obtuvo la mayor puntuación en cada uno de los atributos respecto a las otras muestras, representando la muestra con mayor o igual intensidad en cada uno de los atributos a evaluar.

Cuadro 1. Promedios de atributos sensoriales para la prueba cuantitativa descriptiva

Atributo	Muestra 289	Muestra 139	Muestra 541	Valor p*
Sabor guanábana	4,6	4,4	4,5	0,749
Sabor dulce	3,3	3,8	5,3	0,000
Sabor lácteo	4,5	4,8	5,5	0,272
Homogeneidad	6,3	6,5	6,5	0,878
Viscosidad	3,1	3,8	5,8	0,000
Olor lácteo	4,3	4,8	5,5	0,299

*Anova no parametrica

Fuente: elaboración propia (2025)

Prueba hedónica

En la prueba hedónica se evaluó la aceptabilidad de la bebida láctea donde estuvo en discusión la calidad general, sabor dulce, sabor a guanábana y viscosidad del producto.

En los cuadros 2, 3 y 4 se observa que la muestra 541 recibió en todas las evaluaciones un promedio de 66,6 % de respuestas positivas frente a las muestras 289 y 139 que recibieron la mitad o más de respuestas negativas en 3 de los 4 atributos evaluados.

Cuadro 2. Resultados de la evaluación mediante escala hedónica de sabor a guanábana de cuatro puntos para las muestras 289, 138 y 541

Sabor a guanábana	Muestra 289	Muestra 139	Muestra 541
	n (%)		
Es más intenso de lo que me gusta	1 (17,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Es justo como me gusta	2 (33,0)	1 (17,0)	4 (67,0)
Es algo menos intenso de lo que me gusta	1 (17,0)	3 (50,0)	0 (0,0)
Es mucho menos intenso de lo que me gusta	2 (33,0)	2 (33,0)	2 (33,0)

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 3. Resultados de la evaluación mediante escala hedónica para la calidad general de cuatro puntos para las muestras 289, 138 y 541

Calidad general	Muestra 289	Muestra 139	Muestra 541
	n (%)		
Excelente	0 (0,0)	1 (17,0)	3 (50,0)
Bueno	6 (100,0)	4 (67,0)	2 (33,0)
Regular	0 (0,0)	1 (17,0)	1 (17,0)
Malo	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)

Fuente: elaboración propia (2025)

Cuadro 4. Resultados de la evaluación mediante escala hedónica de la viscosidad de cuatro puntos para las muestras 289, 138 y 541

Viscosidad	Muestra 289	Muestra 139	Muestra 541
	n (%)		
Es más intenso de lo que me gusta	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (17,0)
Es justo como me gusta	1 (17,0)	1 (17,0)	5 (83,0)
Es algo menos intenso de lo que me gusta	4 (66,0)	4 (66,0)	0 (0,0)
Es mucho menos intenso de lo que me gusta	1 (17,0)	1 (17,0)	0 (0,0)

Fuente: elaboración propia (2025)

Análisis nutricional

Finalmente, los hallazgos del análisis nutricional estuvieron basados en las recomendaciones de ingesta de energía y nutrientes (Minsalud, 2016) para la población colombiana de 19 a 30 años donde, la guanábana liofilizada como ingrediente de mayor importancia aporta para las mujeres el 107 % y para los hombres el 61 % del aporte dietético recomendado.

Es así como la bebida láctea en 100 gramos aporta 96 kilocalorías, 4,6 gramos de grasa total, 9,2 gramos de carbohidratos totales, 4,6 gramos de proteína, 68 mg de sodio y 166 mg de calcio.

Discusión

En la población actual es común observar una disminución en el consumo de lácteos de todo tipo debido a múltiples factores como el aumento de tendencias alimentarias restrictivas, la aparición de problemas intestinales o intolerancias alimentarias o la posible reducción del poder adquisitivo, evidenciando hábitos alimentarios inadecuados respecto al consumo de estos. Es importante tener en cuenta este fenómeno debido al aporte nutricional proveniente del consumo de leche de vaca y sus derivados en la población adulta al proporcionar cantidades adecuadas de micronutrientes como el calcio y la vitamina D, ambos de gran biodisponibilidad para evitar enfermedades como la osteoporosis en la edad avanzada (Smith et al., 2022).

Con relación a lo anterior, autores mencionan la importancia de la incorporación de frutas o pulpas en bebidas lácteas con el fin de aumentar el valor nutricional y mejorar el sabor, además de obtener resultados sensoriales y propiedades funcionales para así incrementar el consumo de estos productos (Rodríguez-Basantes et al., 2020; Sosa Crespo, Irving et al., 2022). Así mismo, se ha

investigado el uso de diferentes ingredientes en derivados lácteos como frutas en yogures o bebidas lácteas o leches fermentadas, sin embargo, se desconocen los valores de pH o acidez (Souza et al., 2023).

Al generar productos se busca un buen aporte nutricional y en ocasiones, se establecen condiciones generales para garantizar la disponibilidad adecuada de los alimentos y a la vez, ayudar a cumplir los objetivos que se consideran prioritarios para los sistemas de alimentación y nutrición. De allí surge la inquietud de brindar herramientas y alternativas para combatir las prevalencias de déficit en macronutrientes y micronutrientes con productos innovadores a partir de materias primas producidas localmente y con incorporación tecnológica de alimentos que esté a la vanguardia, a la vez, encontrar las formulaciones adecuadas para dichos alimentos que se adapten a cantidades de nutrientes específicos sin recurrir al enriquecimiento, lo cual resulta retador para el diseñador de alimentos y la industria alimentaria.

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados se realizaron tres formulaciones donde cada una contuviera una cantidad importante de zinc, cubriendo un porcentaje de las recomendaciones dietéticas diarias aproximadamente del 30 % para las muestras iniciales elaboradas con guanábana fresca y 70 % elaboradas con guanábana liofilizada; donde se presenta como factor diferencial la concentración de nutrientes a partir de procesos térmicos como la liofilización y la pasteurización.

Es por esto que la liofilización surge a partir de la necesidad de encontrar la mejor forma de realzar las características orgánolépticas de la guanábana, al mismo tiempo logrando una alta cantidad de retención de nutrientes. Esta técnica presenta una gran importancia al facilitar el uso de esta materia prima gracias a su capacidad de aumentar la

vida útil del alimento, por ende, contribuyendo a la disminución de desperdicios y mejorando la solubilidad de los ingredientes, como se ha hecho en otros estudios para preservar compuestos volátiles y compuestos bioactivos (Leite Neta et al., 2019) todo esto al momento de mezclar e integrar los ingredientes.

Según lo anterior, se evidenció que la muestra con mayor preferencia sensorial de acuerdo a las respuestas obtenidas por los panelistas contenía guanábana liofilizada. Algunos autores actualmente están empleando la técnica de liofilización por su papel en la preservación de la vida útil de los alimentos, donde al eliminar el agua del alimento se disminuye casi por completo la actividad bacteriana, mientras que se mantiene la cantidad y calidad de micronutrientes presentes en la matriz alimentaria y, de esta forma evitar el deterioro físico y de composición por muchos factores como la oxidación, cambios de pH, temperatura y luz (Torres Loja et al., 2023), como es el resultado obtenido en el presente estudio ya que la adición de guanábana liofilizada aumenta el aporte de micronutrientes claves como el zinc, a la vez, generando una aceptación sensorial del sabor a guanábana del 67 % entre los panelistas.

El cálculo del aporte nutricional de la bebida láctea fue proximal, basado en la tabla de composición de alimentos colombiana elaborada por el bienestar familiar del mismo país, de modo que no se tiene completa seguridad de su contenido. Cabe aclarar que este desarrollo debería presentar resultados similares debido a su baja complejidad.

Con respecto a las cantidades de nutrientes aportados en esta bebida en 100 gramos cuenta con un aporte similar al grupo de los sustitutos en cuanto a la proteína, siendo de alto valor biológico representando una buena alternativa para incluir este macronutriente en

la dieta. De igual forma aporta una baja cantidad de grasas, siendo solo 1 gramo de grasa saturada proveniente de la leche, generando un producto apto para personas con problemas del metabolismo de las grasas.

Los carbohidratos en el producto diseñado aportan una cantidad baja frente a bebidas similares del mercado y los micronutrientes como se ha mencionado a lo largo de la investigación, corresponden a vitaminas y minerales propios de los alimentos utilizados en su formulación, siendo el calcio proveniente de la leche, y el zinc proveniente de la guanábana, sus principales nutrientes de interés.

Se resalta como una limitante en el estudio el análisis bromatológico ya que no se contó con esta técnica para determinar algunos parámetros como proteína, humedad, ceniza, materia seca, grasa, fibra bruta y concentración de zinc; también se presentó un número de panel sensorial limitado para el análisis sensorial. Sin embargo, se resalta que la cantidad de panelistas corresponden a la cantidad mínima permitida y se espera que en futuras investigaciones se cuente con una mayor participación de panelistas expertos y pueda ser llevado a pruebas con consumidores donde se pueda evaluar la aceptabilidad con una mayor población.

Conclusiones

Se logró obtener una bebida láctea con guanábana que cubre el 107 % y 61 % del aporte dietético recomendado para las mujeres y hombres colombianos entre 19 y 30 años en riesgo de deficiencia de zinc respectivamente.

Los resultados de las pruebas sensoriales y la formulación evidencian que la bebida láctea tuvo mayor aceptación para todos los atributos evaluados los cuales fueron: viscosidad, sabor lácteo, homogeneidad, olor lácteo, sabor a guanábana y sabor dulce, que son considerados de mayor relevancia para los

consumidores, utilizando la liofilización como método de concentración de nutrientes y valor nutritivo proximal que podría contribuir a suplir las carencias nutricionales expuestas para la población colombiana sin sacrificar la palatabilidad del producto final.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos por permitir el uso de las instalaciones del laboratorio de alimentos y a los docentes involucrados en el desarrollo.

Consideraciones éticas

El presente estudio se clasifica de acuerdo a la resolución 8430 de 1993 (Derechos de autor y depósito legal, 1993), como un proyecto sin riesgo, ya que no genera modificaciones o alteraciones en los individuos, además, tuvo el aval expedito 996 del Comité de ética de la Universidad CES.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la publicación de este artículo.

Referencias

- Bellini, T., Bustaffa, M., Tubino, B., Giordano, B., Formigoni, C., Fueri, E., Casabona, F., Vanorio, B., Pastorino, A., Herzum, A., Matucci-Cerinic, C., Arrigo, S., Viglizzo, G., & Piccotti, E. (2024). Acquired and inherited zinc deficiency-related diseases in children: A case series and a narrative review. *Pediatric Reports*, 16(3), 602–617. <https://doi.org/10.3390/pediatric16030051>
- Chen, Y. (2023). The relationship between zinc and human health and how to supplement zinc scientifically. *Theoretical and Natural Science*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/4/20220500>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2015). *Encuesta Nacional de Situación Nutricional ENSIN*.

- <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/libro-ensin-2015.pdf>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2016). *Hoja de Balance de Alimentos Colombianos*. ICBF <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/hoja-balance-alimentos-colombianos>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2018). *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos*. ICBF https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2018). *Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en un área controlada*. <https://wdn2.ipublishcentral.com/hipertexto500148/viewinsidehtml/501441109734477>
- Leite Neta, M. T. S., De Jesus, M. S., Da Silva, J. L. A., Araujo, H. C. S., Sandes, R. D. D., Shanmugam, S., & Narain, N. (2019). Effect of spray drying on bioactive and volatile compounds in soursop (*Annona muricata*) fruit pulp. *Food Research International*, 124, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.039>
- Marín, C., Oliveros, H., Villamor, E., & Mora, M. (2021). Niveles de micronutrientes en niños escolares colombianos e inseguridad alimentaria. *Biomédica*, 41(3), 458–471. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5866>
- Minsalud. (2016). *Recomendaciones de ingesta de energía y nutrientes para población colombiana*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/rien-documento-tecnico.pdf>
- Rodríguez Basantes, A. I., Abad Basante, C. A., Pérez Martínez, A., & Diéguez Santana, K. (2020). Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. *Bioteecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 166. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(18\)166-175](https://doi.org/10.18684/BSAA(18)166-175)
- Ruiz Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021). Sensory analysis and consumer research in new product development. *Foods*, 10(3), 582. <https://doi.org/10.3390/foods10030582>
- Shlisky, J., Mandlik, R., Askari, S., Abrams, S., Belizan, J. M., Bourassa, M. W., Cormick, G., Driller-Colangelo, A., Gomes, F., Khadilkar, A., Owino, V., Pettifor, J. M., Rana, Z. H., Roth, D. E., & Weaver, C. (2022). Calcium deficiency worldwide: Prevalence of inadequate intakes and associated health outcomes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1512(1), 10–28. <https://doi.org/10.1111/nyas.14758>
- Smith, N. W., Fletcher, A. J., Hill, J. P., & McNabb, W. C. (2022). Modeling the contribution of milk to global nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, 716100. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.716100>
- Sosa Crespo, I., Pareja Aguiñaga, J. A., Mugarte Moguel, A. J., Chel Guerrero, L. A., & Betancur Ancona, D. A. (2022). Propiedades, beneficios y efectos de la guanábana (*Annona muricata* L.) sobre la glucemia y el cáncer. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(2), 86–101. <https://doi.org/10.23850/24220582.4976>
- Souza, H. F. D., Borges, L. A., Mendes, G. D. R. L., Durães, C. A. F., Fonseca, H. C., Boitrago, S. C. O. D. S., Leal, J. S., Ferreira, S. R., Lima, W. J. N., Kamimura, E. S., & Brandi, I. V. (2023). New formulations of fermented milk drinks with fruit pulp added: Physicochemical characteristics during storage and nutritional profile. *Revista Chilena de Nutrición*, 50(5), 496–502. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000500496>
- Torres-Loja, R. W., Garay-Montes, R., Medina Vivanco, M. L., Mego-Mego, V., Vidaurre Rojas, P., & Gamonal, Y. (2024). Secado de pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis*) por el método de liofilización. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 44(1). <https://doi.org/10.12873/441torres-loja>
- Tsang, B. L., Holsted, E., McDonald, C. M., Brown, K. H., Black, R., Mbuya, M. N. N., Grant, F., Rowe, L. A., & Manger, M. S. (2021). Effects of foods fortified with zinc, alone or cofortified with multiple micronutrients, on health and functional outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*, 12(5), 1821–1837. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab065>

Optimización del proceso de encapsulación asistido por electropulverización de una mezcla de uchuva y gulupa en hidrogeles de alginato

Optimization of the electrospray-assisted encapsulation of goldenberry and purple passion fruit blend in alginate hydrogels

Ana María Naranjo-Durán^{1*}; Valeria Ángel-Cardona¹; Julián Quintero-Quiroz²; Gelmy Luz Ciro-Gómez¹

¹ Grupo de Toxicología, Alimentos y Alternativas Terapéuticas, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia (UdeA), Calle 67 No. 53–108, Medellín, Colombia.

² Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Calle 10 A No. 22-04, Medellín, Colombia.

*Correo-e: amaria.naranjo@udea.edu.co

Recibido: 29/ago/2025 Aceptado: 26/nov/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.vi0.118>

ID 1er. Autor: Ana María Naranjo-Durán / ORCID: 0000-0002-1879-5724

ID 1er. Coautor: Valeria Ángel-Cardona / ORCID: 0009-0001-6905-3130

ID 2do. Coautor: Julián Quintero-Quiroz / ORCID: 0000-0001-8603-6618

ID 3er. Coautor: Gelmy Luz Ciro-Gómez / ORCID: 0000-0001-6908-0799

Resumen

Los compuestos polifenólicos (CP) presentes en frutas son reconocidos por su capacidad antioxidante y por contribuir a la prevención de enfermedades no transmisibles. Sin embargo, su efectividad depende de la bioaccesibilidad en el organismo. Una estrategia para mejorarla es la encapsulación mediante gelación iónica, técnica que, pese a sus ventajas, suele generar partículas de gran tamaño bajo condiciones convencionales. En este estudio se optimizó la gelación iónica asistida por electrospray para reducir el tamaño de partícula (TP) y favorecer la bioaccesibilidad de los CP a partir de una mezcla de uchuva y gulupa. Se empleó un diseño compuesto central con metodología de superficie de respuesta, evaluando los efectos de la tasa de flujo, la altura de la aguja y el voltaje sobre TP, esfericidad (E), relación de aspecto (RA) y rendimiento del proceso (RP). Los resultados indicaron que un mayor nivel de altura de la aguja redujo el TP, mientras que una menor tasa de flujo incrementó el RP. Las condiciones óptimas (flujo: 4,33 mL/min; altura: 11,59 cm; voltaje: 12,56 kV) permitieron obtener partículas de $929,51 \pm 374,48 \mu\text{m}$, con mejoras en E y RA. La bioaccesibilidad de los CP se incrementó de $3,95 \pm 0,88 \%$ en la mezcla libre a $48,42 \pm 3,22 \%$ en su forma encapsulada, es decir, un aumento de 12 veces. Estos hallazgos confirman el potencial de esta técnica en aplicaciones alimentarias orientadas a la liberación de compuestos bioactivos.

Palabras clave: compuestos polifenólicos, bioaccesibilidad, gelación iónica, electrospray.

Abstract

Polyphenolic compounds (PC) present in fruits are widely recognized for their antioxidant capacity and their role in the prevention of non-communicable diseases. However, their effectiveness depends on bioaccessibility within the human body. Encapsulation by ionic gelation has emerged as a promising strategy to enhance this property, although conventional conditions often result in large particle sizes (PS). This study aimed to optimize ionic gelation assisted by electrospray to reduce PS and improve the bioaccessibility of PCs from a mixture of *Physalis peruviana* (cape gooseberry) and *Passiflora edulis* (purple passion fruit). A central composite design combined with response surface methodology was applied to evaluate the effects of flow rate, needle height, and voltage on PS, sphericity (S), aspect ratio (AR), and process yield (PY). Results showed that increasing needle height decreased PS, whereas lowering flow rate improved PY. Optimal conditions (flow rate: 4,33 mL/min; needle height: 11,59 cm; voltage: 12,56 kV) produced particles with a size of $929,51 \pm 374,48 \mu\text{m}$, alongside improvements in S and AR. Bioaccessibility of PCs increased markedly, from $3,95 \pm 0,88 \%$ in the free fruit mixture to $48,42 \pm 3,22 \%$ in the encapsulated form, representing a 12-fold enhancement. These findings demonstrate the potential of electrospray-assisted ionic gelation in food applications aimed at improving the delivery of bioactive compounds such as polyphenols.

Keywords: Polyphenolic compounds, bioaccessibility, ionic gelation, electrospray.

Introducción

Los patrones dietéticos saludables, como el consumo adecuado de alimentos ricos en antioxidantes como las frutas y otros alimentos derivados de plantas, ayudan a prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT), que representan la principal causa de muerte a nivel mundial (World Health Organization, 2020; Grosso et al., 2017). Este problema global ha generado un creciente interés en el consumo de alimentos nutritivos. Frutas exóticas colombianas como la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y la gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims) son frutas ricas en compuestos biotivos (CB), tales como vitaminas (vitamina C y vitamina E), compuestos fenólicos (CF) y carotenoides (Naranjo-Durán et al., 2023).

Los compuestos fenólicos (CF) tienen una amplia gama de actividades biológicas demostradas (antioxidante, antiinflamatoria, antialérgica, antiviral, anticancerígena, antimicrobiana, antimutagénica y cardioprotectora, etc.); sin embargo, la investigación se ha centrado principalmente en identificar el perfil de los compuestos y sus actividades biológicas. Más recientemente, se ha avanzado hacia la comprensión de los mecanismos mediante los cuales estos compuestos son metabolizados y se vuelven biodisponibles en el organismo humano (Grgić et al., 2020).

La biodisponibilidad incluye la bioaccesibilidad y la bioactividad, pero la bioaccesibilidad es el factor clave del cual depende la bioactividad de los CB en diferentes formulaciones de alimentos funcionales; es decir, la bioactividad de los CB determinada bajo condiciones *in vitro* puede diferir significativamente de la bioactividad determinada bajo condiciones *in vivo*. Esta diferencia se atribuye a la baja estabilidad de los CB en el tracto gastrointestinal, a la interacción con otros nutrientes o con los principales factores necesarios para el proceso digestivo (pH,

enzimas digestivas, microbiota intestinal, sales biliares, etc.) y a la dificultad de absorción a través de membranas, razón por la cual, para que los CB presenten actividad biológica, deben ser bioaccesibles (Grgić et al., 2020; González et al., 2015).

Las perlas de hidrogel representan una solución al desafío de mejorar la bioaccesibilidad de los CB, ya que pueden protegerlos mediante una membrana fuerte y semipermeable (Agarwal et al., 2015). Se ha demostrado que pueden superar las incompatibilidades de solubilidad entre ingredientes, proteger ingredientes sensibles a la degradación y aumentar su biodisponibilidad (Massounga Bora et al., 2018).

Las perlas de hidrogel de alginato son ampliamente utilizadas para la inmovilización celular, la liberación de fármacos y enzimas en diferentes campos biomédicos y biotecnológicos, incluyendo la ingeniería de tejidos, la formulación de alimentos probióticos, la fermentación, la biorremediación y las aplicaciones agrícolas. Su amplio espectro de aplicación puede atribuirse a la simplicidad del proceso, bajo costo y buena estabilidad mecánica (Partovinia & Vatankhah, 2019); así como a su alta biocompatibilidad y baja toxicidad (Nikoo et al., 2018).

Los alginatos son un grupo de polisacáridos aniónicos de origen natural extraídos de algas pardas. Son polímeros lineales compuestos por cadenas de ácido β -D-manurónico (M) y ácido α -L-gulurónico (G) unidos por enlaces 1,4, organizados en patrones de bloques homogéneos (poli-G, poli-M) o heterogéneos (MG).

Las perlas de alginato de calcio presentan varias ventajas en cuanto a la protección de compuestos bioactivos en el sistema gastrointestinal, evitando la degradación de compuestos en la fase gástrica y liberándolos en

mayor proporción durante la fase intestinal. Estas perlas pueden obtenerse mediante gelificación iónica, una tecnología emergente para la incorporación de agentes activos en perlas poliméricas. Algunas ventajas de esta técnica son: perlas con interior acuoso, distribución uniforme; además, no requiere el uso de altas temperaturas ni de solventes orgánicos, que pueden afectar la estabilidad de los nutrientes y limitar su aplicación en alimentos debido a la toxicidad asociada con trazas residuales de solventes (Grgić et al., 2020). Sin embargo, el tamaño de partícula de estas perlas es demasiado grande para algunas aplicaciones, alcanzando incluso 2 o 3 mm de diámetro. Aunque, un menor tamaño de partícula incrementa el área superficial, mejorando la transferencia de masa a través de la partícula y el medio. La atomización por electrospray es un método de atomización de una solución líquida mediante la aplicación de un campo eléctrico.

En este proceso, las fuerzas electrostáticas se utilizan para superar la viscosidad y la tensión superficial de la solución polimérica (Alkhatib et al., 2020). Esta solución se extruye a través de una boquilla capilar y sufre una deformación cónica, conocida como el cono de Taylor. Esta deformación, causada por repulsiones electrostáticas internas y fuerzas de atracción de Coulomb externas, genera un chorro con alta densidad de carga. Finalmente, este chorro se fragmenta en perlas cargadas en un rango de tamaños desde milímetros hasta micrómetros (Nikoo et al., 2018a). En el caso de la gelificación iónica, las perlas compuestas por una solución polimérica y el compuesto de interés, caen en la solución gelificante donde ocurre el proceso de gelificación, formando así perlas de hidrogel (Nikoo et al., 2018a).

Nikoo et al. (2018) desarrollaron micropérlas de alginato de calcio mediante electrospray y lograron reducir el tamaño de partícula de 2740 ± 115 a $765,29 \pm 14,53 \mu\text{m}$.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un ingrediente, mejorando la bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos de una mezcla de uchuva y gulupa, mediante un proceso optimizado para obtener partículas de hidrogel a través de gelificación iónica con atomización por electrospray.

Materiales y métodos

Materiales

Se eligieron frutas exóticas colombianas de acuerdo con las normas técnicas colombianas para frutas frescas: NTC 4580 (ICONTEC, 2020) para uchuva y NTC 6456 (ICONTEC, 2020) para la gulupa. Para este estudio, se adquirieron frutas de categoría dos en los mercados de alimentos de Rionegro y La Ceja, Antioquia. Se emplearon los siguientes reactivos: alginato de sodio, KCl, KH_2PO_4 , NaHCO_3 , NaCl, $\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, HCl, $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$, reactivo de Folin-Ciocalteu, ácido gálico, α -amilasa de origen porcino, pepsina de páncreas porcino y pancreatina de páncreas porcino (todos adquiridos en Sigma Aldrich).

Obtención de mezcla de frutas

Las frutas, después de ser escaldadas, fueron procesadas en un extractor de prensado en frío operando a 60 rpm a temperatura ambiente. Al bagazo de granadilla morada se le adicionó agua a 60 °C en una proporción 1:5 para realizar una segunda extracción. De manera similar, para la uchuva, al residuo se le añadió agua a 60 °C (proporción 1:5) y la extracción fue asistida por ultrasonido, de acuerdo con la metodología descrita por Naranjo Durán et al., 2023 (Naranjo-Durán et al., 2023a); posteriormente, ambas fases extraídas se mezclaron. La mezcla de estas frutas estuvo compuesta por un 83 % de uchuva y un 17 % de granadilla morada, y fue utilizada en este estudio.

Contenido de polifenoles totales

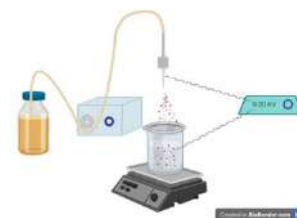
El contenido total de polifenoles de la mezcla y de las perlas fue determinado mediante espectrofotometría, siguiendo a Nunes et al. (2018) con ligeras modificaciones. En resumen, se mezclaron 30 μL de la muestra, 150 μL de reactivo de Folin-Ciocalteu 0,2N (1:10) y 120 μL de Na_2CO_3 (7,5 %). La mezcla se incubó a 45 °C durante 15 min en la oscuridad, seguida de 30 minutos adicionales a temperatura ambiente. Finalmente, la absorbancia se midió a 765 nm en un espectro-fotómetro UV-Vis Multiskan (Thermo Scientific). El contenido de polifenoles totales fue cuantificado utilizando una curva estándar de ácido gálico (0–110 $\mu\text{M/mL}$). Todas las mediciones se realizaron por quintuplicado.

Optimización del proceso de encapsulación asistido por electro spray

Equipo prototipo de gelificación iónica asistida por electro spray

Se empleó un equipo prototipo de gelificación iónica asistida por electro spray (Figura 1), construido con una fuente de alto voltaje (0–30,000 V), una placa de agitación, una bomba peristáltica (Velp SP 311/2) y una cabina acrílica con regla de medición, para controlar el voltaje, la agitación, el flujo y la altura entre la aguja y la solución gelificante, respectivamente. La fuente de alto voltaje se conectó a dos polos: una aguja calibre 12 alimentada por la solución encapsulante (alginato de sodio y colorante naranja) a través de la bomba peristáltica, y una solución gelificante de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0,03 % (Naranjo-Durán et al., 2021); generando un campo eléctrico que fragmentó las gotas en otras más pequeñas, las cuales, al entrar en contacto con la solución gelificante, iniciaron la formación del hidrogel de alginato de calcio.

a)



b)



Figure 1. Prototipo de electro spray

(a) esquema

(b) fotografía real

Fuente: Elaboración propia (2025)

Diseño de experimentos

Se llevó a cabo un diseño experimental de superficie de respuesta para optimizar la gelificación iónica mediante atomización por electro spray, con el fin de evaluar el efecto de los factores: voltaje (10–25 kV), flujo (11,08–27,2 mL/min) y altura (15–25 cm); sobre las variables de respuesta: rendimiento del proceso (RP) (%), tamaño de partícula (TP) (μm), esfericidad (E) y relación de aspecto (RA). Todas las corridas experimentales se muestran en el cuadro 1.

El RP se determinó por gravimetría con la Ecuación (1), empleando el software libre Image J®, y se calcularon con las Ecuaciones (2), (3) y (4), respectivamente.

$$PY = \frac{m_f - (m_f * \text{Humedad}(\%))}{m_i} * 100 \quad (\text{Ec.1})$$

$$PS = 2 * \sqrt{\text{area}} * \pi \quad (\text{Ec.2})$$

$$S = \frac{4 * \text{area}}{\pi * f_{\text{eret}}^2} \quad (\text{Ec.3})$$

$$AR = \frac{\text{Ancho}}{\text{largo}} \quad (\text{Ec.4})$$

Bioaccesibilidad de compuestos polifenólicos de la mezcla de frutas en perlas de hidrogel

Las perlas de hidrogel de alginato de calcio se prepararon con la mezcla de frutas al 2,5 % de sólidos (p/v), utilizando los parámetros opti-

mizados en el experimento previo. La bioaccesibilidad de los compuestos polifenólicos (CF) se cuantificó mediante la liberación gastrointestinal simulada in vitro, de acuerdo con la metodología INFOGEST (Brodkorb et al., 2019):

- Fase oral: se mezclaron 5 g de perlas de hidrogel, 4 mL de fluido salival simulado (SSF), 0,5 mL de α -amilasa de páncreas porcino, 25 μ L de CaCl_2 (0,3 M) y 475 μ L de agua, para completar un volumen total de 10 mL. Esta fase se incubó a 185 rpm durante 2 min a 37 °C.

- Fase gástrica: posteriormente, se adicionaron 8 mL de fluido gástrico simulado (SGF), 5 μ L de CaCl_2 (0,3 M), 0,5 mL de pepsina de páncreas porcino, 0,1 mL de HCl para ajustar el pH a 3 y, finalmente, 1395 μ L de agua, alcanzando un volumen total de 20 mL. Esta fase se incubó a 13 rpm durante 2 h a 37 °C.

- Fase intestinal: finalmente se incorporaron 8,5 mL de fluido intestinal simulado (SIF), 40 μ L de CaCl_2 (0,3 M), 0,2 mL de NaOH para ajustar el pH a 7,5 mL de pancreatina de páncreas porcino, 2,5 mL de sales biliares y 3,76 mL de agua, para completar un volumen final de 40 mL. Esta fase se incubó a 45 rpm durante 2 h a 37 °C.

Posteriormente, las muestras se centrifugaron dos veces a 5000 rpm, y la fracción bioaccesible (sobrenadante) se congeló para detener la actividad enzimática antes de su análisis. El contenido de ácido gálico fue cuantificado utilizando la metodología descrita anteriormente, y la bioaccesibilidad se calculó con la Ecuación (5), de acuerdo con Fredes et al., (2018).

(Ec. 5):

$$(\%) \text{Bioaccesibilidad} = \frac{\text{mg AG Fraccion no accesible}}{\text{mg AG en las perlas de hidrogel}} * 100$$

Cuadro 1. Diseño experimental de superficie de respuesta para la optimización del proceso de gelificación iónica mediante atomización por electrospray

Corrida	Velocidad de flujo (mL/min)	Altura(cm)	Voltaje (kV)	Corrida	Velocidad de flujo (mL/min)	Altura(cm)	Voltaje (kV)
1	18,7	20,0	17,5	24	18,7	20	17,5
2	27,2	15,0	25,0	25	27,2	15	25,0
3	18,7	20,0	17,5	26	18,7	20	17,5
4	11,1	15,0	25,0	27	11,1	15	25,0
5	27,2	15,0	10,0	28	27,2	15	10,0
6	4,3	20,0	17,5	29	4,3	20	17,5
7	11,1	15,0	10,0	30	11,1	15	10,0
8	11,1	25,0	25,0	31	11,1	25	25,0
9	18,7	20,0	17,5	32	18,7	20	17,5
10	18,7	20,0	17,5	33	18,7	20	17,5
11	18,7	20,0	17,5	34	18,7	20	17,5
12	32,4	20,0	17,5	35	32,4	20	17,5
13	18,7	20,0	17,5	36	18,7	20	17,5
14	18,7	28,4	17,5	37	18,7	28,4	17,5
15	18,7	11,5	17,5	38	18,7	11,6	17,5
16	18,7	20,0	30,1	39	18,7	20	30,1
17	11,1	25,0	10,0	40	11,1	25	10,0
18	18,7	20,0	17,5	41	18,7	20	17,5
19	18,7	20,0	17,5	42	18,7	20	17,5
20	27,2	25,0	25,0	43	27,2	25	25,0
21	18,7	20,0	4,9	44	18,7	20	4,9
22	27,2	25,0	10,0	45	27,2	25	10,0
23	18,7	20,0	17,5	46	18,7	20	17,5

Fuente: elaboración propia (2025)

Resultados y discusión

Optimización de la gelificación iónica asistida por electrospray

El cuadro 2 muestra el ANOVA para los resultados del DOE respecto al caudal y la altura; los valores *p* de 0,0000 y 0,0001 respectivamente indican que estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el PS, este comportamiento puede observarse en la figura 2a: a menor caudal y menor altura el PS disminuye, sin embargo, el voltaje y su interacción con otros factores, excepto con la altura, no tiene efecto estadísticamente significativo sobre el PS; de igual manera, algunos autores como Partovinia & Vatankhah, 2019 (Partovinia & Vatankhah, 2019). También reportan que la altura tiene un efecto significativo sobre el PS, y el caudal y el voltaje sobre la S en un proceso de gelificación iónica asistida por electrospray.

Cuadro 2. Diseño experimental de respuesta superficial ANOVA para la optimización del proceso de gelificación iónica asistida por electrospray

	PS	S	PY	AR
	<i>p- value</i>			
Velocidad de flujo (A)	0,0000	0,0168	0,0225	0,0046
Altura (B)	0,0001	0,2503	0,0022	0,0245
Voltaje (C)	0,8607	0,0251	0,0001	0,0250
AA	0,0001	0,0024	0,0139	0,0007
AB	0,0006	0,0594	0,0166	0,0002
AC	0,4969	0,0198	0,0320	0,0014
BB	0,3331	0,0006	0,0041	0,0001
BC	0,0284	0,1545	0,0000	0,0005
CC	0,1928	0,0001	0,2179	0,3059
Carencia de ajuste	0,4185	0,4043	0,6516	0,1171
r²	82,31%	74,36%	86,10%	90,52%
r²-ajustado	74,94%	62,70%	79,48%	84,20%

Fuente: Elaboración propia (2025)

De acuerdo a estos resultados, en este trabajo también se encontró que sobre la S solo el caudal y el voltaje (valores *p* de 0,0168 y 0,0251 respectivamente) tienen un efecto

estadísticamente significativo, con valores máximos de S para el mayor caudal y el voltaje más bajo (figura 2b). En contraste, Alkhatib et al. (2020) encontraron que el PS fue significativamente afectado por el voltaje aplicado durante la extrusión ($p < 0,05$) y la interacción caudal-voltaje muestra que el PS no cambia con un voltaje de 0 kV; cuando el caudal aumentó de 0,1 mL/min a 0,8 mL/min, el PS se mantuvo en $1,4 \pm 0$ mm y $1,41 \pm 0,02$ mm respectivamente, mientras que el PS aumentó significativamente de $0,67 \pm 0$ mm a $0,86 \pm 0,04$ mm cuando se aplicó un voltaje de 6 kV.

Estas diferencias pueden deberse a que en el DOE realizado en este trabajo no se consideró el nivel 0 kV, y en el rango de trabajo de este factor no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el PS; además, encontraron que el PS aumentó de 1,35 mm a 15 cm de distancia a 1,41 mm a 25 cm de distancia ($p < 0,05$), y también aumentó de 1,31 a 1,46 mm al aumentar el caudal de 1 a 2 mL/min ($p < 0,05$). Sin embargo, la resistencia del gel de alginato aumenta con perlas esféricas comparadas con las no esféricas, por lo que la estabilidad mecánica y química de la matriz del alginato puede verse afectada por la S de la perla. Además, la posibilidad de rupturas y grietas, que resulta en fugas y pérdida de materiales encapsulados se puede evitar en perlas esféricas (Alkhatib et al., 2020).

Asimismo, Faramarzi et al. (2016), en experimentos realizados con una solución de ácido poliláctico-co-glicólico al 2 % (p/v), un caudal de 0,5 mL/h y voltajes de 11 y 14 kV, obtuvieron partículas más esféricas al compararlas con aquellas formadas a voltajes superiores, que dieron como resultado morfologías heterogéneas. Para alcanzar mayor uniformidad de partículas, los autores optaron por un voltaje de 11 kV, ya que observaron una disminución en la uniformidad de la forma al aumentar el voltaje y concluyeron que el voltaje aplicado influye significativa-

mente en la morfología, el diámetro medio y la uniformidad de las partículas.

El tamaño y la S de las perlas de hidrogel de alginato son factores cruciales para muchas aplicaciones; las partículas más pequeñas son más resistentes a fuerzas de cizalla y compresión y, como resultado, grandes espacios interfaciales sólido-líquido facilitan la transferencia de masa, mientras que la S de la perla puede afectar la estabilidad mecánica y química. Así, las partículas más esféricas reportan un mayor valor de resistencia del gel (Partovinia & Vatankhah, 2019).

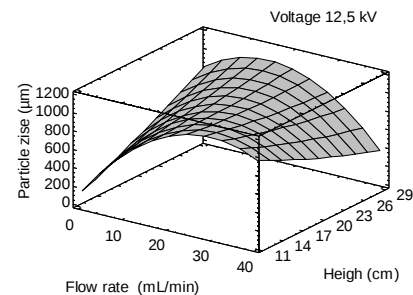
Para el PY, los tres factores evaluados y sus términos lineales y cuadráticos y sus interacciones, excepto para la forma cuadrática del voltaje, tienen un efecto significativo, con p-values < 0,05 (cuadro 2).

La figura de superficie de respuesta 2c muestra cómo el caudal y la altura pueden mejorar el PY cuando se usaron los valores mínimos para ambos factores. Finalmente, los tres factores y su interacción, excepto nuevamente para la forma cuadrática del voltaje, tienen un efecto significativo sobre el AR (p-values < 0,05); la figura 2d muestra cómo incrementa el AR cuando el caudal se incrementa y la altura disminuye.

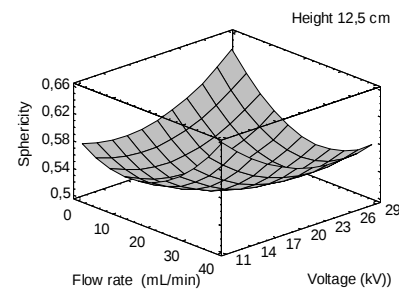
Con una deseabilidad del 87 %, las condiciones óptimas para el proceso de obtención de perlas de hidrogel de alginato de calcio son un caudal de 4,33 mL/min, una altura de 11,59 cm y un voltaje de 12,56 kV. El cuadro 3 muestra los valores predichos y experimentales obtenidos bajo estas condiciones óptimas. El gran error relativo de 56,87 % para TP puede deberse a la amplia distribución de PS encontrada en las corridas experimentales. Estos resultados son concordantes con los reportes de Zakeri et al. (2019) quienes hallaron que las condiciones óptimas para minimizar el radio de las perlas de alginato mediante electrospray fueron un caudal mínimo de 0,33

mL/min y voltaje de 9 kV para perlas con PS entre 290 y 300 μm . De igual manera, el trabajo realizado por Alkhatib et al. (2020) reportó que un voltaje de 4 kV y un caudal de 0,8 mL/min pueden producir perlas esféricas de alginato con un PS de 1100 μm .

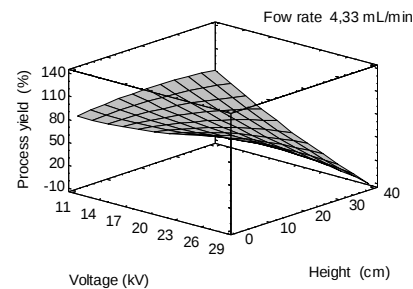
a)



b)



c)



d)

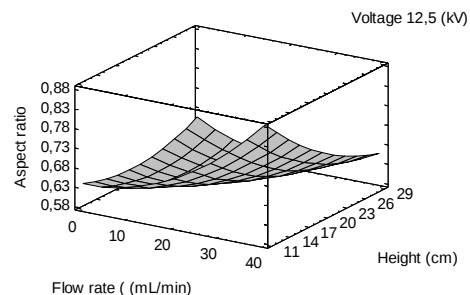


Figura 2. Response surface plots for (a) PS, b) process performance, c) S and d) AR.

Fuente: Elaboración propia (2025)

Cuadro 3. Valores óptimos predichos para las variables de respuesta del diseño experimental de superficie de respuesta para la optimización del proceso de gelificación iónica asistida por electrospray.

	Predicción	Experimental	Error relativo
PS (μm)	400,89	$929,51 \pm 374,48$	56,87 %
PY (%)	87,50	$89,59 \pm 2,25$	2,33 %
SP	0,55	$0,53 \pm 0,11$	3,77 %
AR	0,63	$0,65 \pm 0,16$	3,08 %

Fuente: Elaboración propia (2025)

Efecto de la altura, el voltaje y el caudal sobre la distribución de PS

Las figuras 3a y 3b muestran el efecto de la interacción de la altura y el voltaje sobre la distribución de PS para las perlas obtenidas a alturas de 11,5 cm con 17,5 kV y de 25 cm con 25 kV; la primera tiene una distribución más amplia en comparación con la segunda. Si la distancia entre la boquilla y el baño gelificante (altura) aumenta, el campo eléctrico disminuye causando que el PS aumente, además, incrementar el voltaje aplicado resulta en una disminución del promedio del PS, por lo tanto, según la distancia, el voltaje deberá ajustarse para que el campo eléctrico se mantenga en un nivel ideal (Morais et al., 2020); este comportamiento puede observarse en la figura 3a y, según el ANOVA, la interacción entre el voltaje y la altura tiene un impacto significativo en el PS ($p\text{-valor} = 0,0284$).

Mientras que la figura 3c muestra el efecto del voltaje sobre la distribución del PS de las perlas obtenidas a 4,9 kV y 20 cm; en esa figura puede observarse que con voltajes bajos (4,9 kV) la distribución del PS es más amplia que con voltajes altos (25 kV y 20 cm, figura 3b), donde la distribución del PS es más homogénea. Por otro lado, la figura 3d muestra el efecto del caudal sobre la distribución del PS para las perlas obtenidas con un caudal de 4,33 mL/min donde la distribución del PS es más homogénea que con caudales más altos

de 27,2 mL/min (figura 3e) donde la distribución del PS es mucho más amplia.

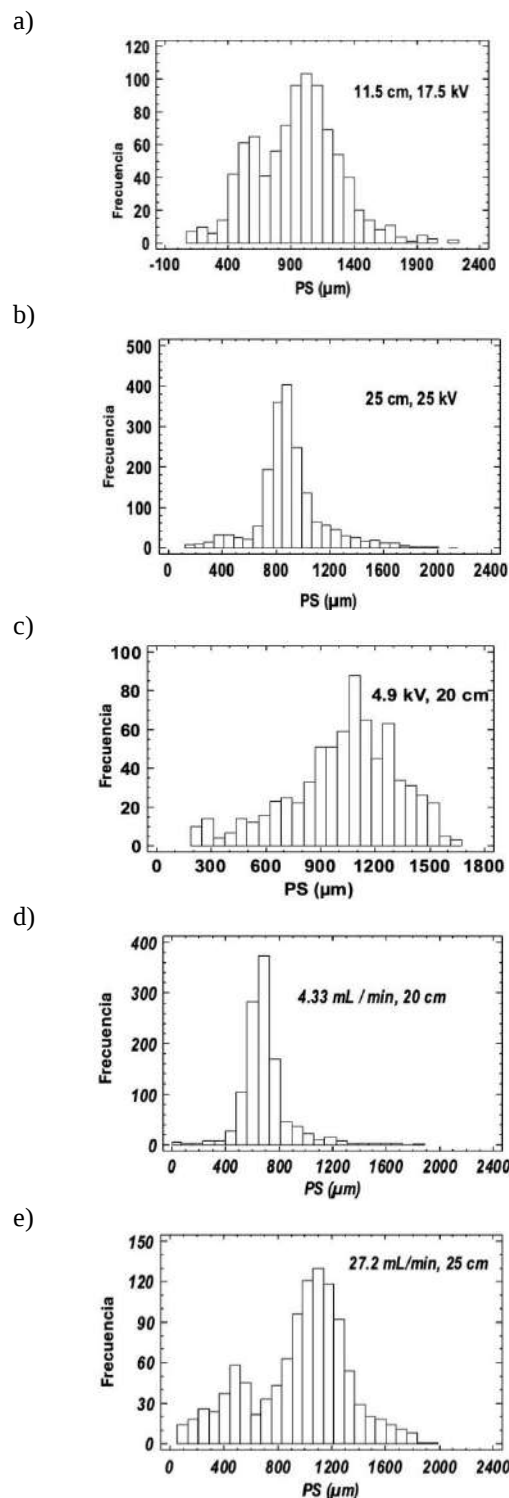


Figura 3. Efecto de a) y b) la altura en los histogramas de frecuencia de PS, c) y d) el voltaje en los histogramas de frecuencia de PS y e) el caudal en los histogramas de frecuencia de los PS.

Fuente: Elaboración propia (2025)

Joaquim et al. (2022) encontraron que con caudales de 0,3 y 0,45 mL/h se produjeron PS promedio de $2,671 \mu\text{m} \pm 0,256$ y $3,563 \mu\text{m} \pm 0,275$ respectivamente, mientras que caudales de 0,6, 0,8 y 1,0 mL/h produjeron partículas con mayor PS promedio y una distribución de tamaños mayor.

Correia et al. (2014) observó una correlación entre voltaje y tamaño de partícula, notando una disminución de tamaño conforme aumentaba el voltaje, y concluyó que tanto voltajes excesivamente altos como bajos resultan en inestabilidad del chorro y formación irregular de partículas, llevando a una distribución más amplia de tamaños. Los resultados discutidos complementan los resultados publicados previamente por nuestro grupo de investigación (Naranjo-Durán et al., 2023b).

Bioaccesibilidad de los compuestos polifenólicos de la mezcla de frutas en perlas de hidrogel

Las perlas de hidrogel de alginato de calcio cargadas con la mezcla de frutas al 2,5 % de sólidos lograron aumentar la bioaccesibilidad de polifenoles de $3,95 \pm 0,88$ % para la mezcla de frutas libre a $48,42 \pm 3,22$ % para las perlas de hidrogel (figura 4); estos resultados pueden atribuirse a las excelentes propiedades mucoadhesivas exhibidas por las perlas de alginato de calcio (Azad et al., 2020), y a un comportamiento dependiente del pH debido a su naturaleza aniónica y la presencia de grupos carboxilo cargados negativamente a $\text{pH} > 5$. El biopolímero se contrae en pH ácido y se hincha y absorbe agua cuando se expone a pH neutro o básico (Alkhatib et al., 2020; Agarwal et al., 2015), debido a estas características, las perlas de alginato de calcio pueden proteger los compuestos bioactivos en el sistema gastrointestinal, evitando la degradación de los compuestos en la fase gástrica y liberándolos en mayor proporción en la fase intestinal. De la misma manera, Martinović et

al. (2023) reportan que el uso de alginato de sodio incrementa la bioaccesibilidad total de los compuestos fenólicos en 2,4 y 4,5 veces comparado con orujo de uva rico en fenoles libres.

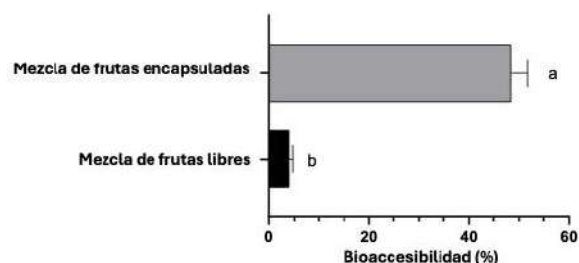


Figura 4. Bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos de las perlas y de la mezcla de frutas libre.

Fuente: Elaboración propia (2025)

Conclusiones

En conclusión, los tres factores estudiados para la optimización de la gelificación iónica y los procesos de electrospray tienen un efecto estadísticamente significativo en las variables respuesta del diseño experimental, es decir, son condiciones críticas de operación para el proceso.

Con base en los resultados obtenidos, las condiciones óptimas para el prototipo de gelificación iónica asistida por electrospray son: una altura de 11,59 cm, un voltaje de 12,56 kV y un caudal de 4,33 mL/min; estas condiciones óptimas para la formación de perlas de hidrogel permiten obtener perlas más pequeñas y esféricas con un PY mayor.

Los resultados también revelaron que la bioaccesibilidad de los compuestos polifenólicos mejoró significativamente mediante la encapsulación, con un aumento de 12 veces observado en las cápsulas comparado con la forma libre; estos resultados sugieren que la gelificación iónica asistida por electrospray podría ser una técnica prometedora para mejorar la bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos en diversas aplicaciones alimentarias.

Referencias

- Agarwal, T., Narayana, S. N. G. H., Pal, K., Pramanik, K., Giri, S., & Banerjee, I. (2015). Calcium alginate–carboxymethyl cellulose beads for colon-targeted drug delivery. *International Journal of Biological Macromolecules*, 75, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.IJBIOMAC.2014.12.052>
- Alkhatib, H., Mohamed, F., Akkawi, M. E., Alfatama, M., Chatterjee, B., & Doolaanea, A. A. (2020). Microencapsulation of black seed oil in alginate beads for stability and taste masking. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 60, 102030. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.102030>
- Azad, A. K., Al-Mahmood, S. M. A., Chatterjee, B., Wan Sulaiman, W. M. A., Elsayed, T. M., & Doolaanea, A. A. (2020). Encapsulation of black seed oil in alginate beads as a pH-sensitive carrier for intestine-targeted drug delivery: *In vitro*, *in vivo* and *ex vivo* study. *Pharmaceutics*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12030219>
- Brodkorb, A., Egger, L., Alminger, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., Bohn, T., Recio, I. (2019). INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature Protocols*, 14(4), 991–1014. <https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>
- Correia, D. M., Gonçalves R., Ribeiro, C., Sencadas, V., Botelho, C., Gomez Ribelles, J. L., & Lanceros Méndez, S. (2014). Electrospayed poly (vinylidene fluoride) microparticles for tissue engineering applications. *RSC Advances*, 4(62), 33013–33021. <https://doi.org/10.1039/c4ra04581e>
- Faramarzi, A. R., Barzin, J., & Mobedi, H. (2016). Effect of solution and apparatus parameters on the morphology and size of electrospayed PLGA microparticles. *Fibers and Polymers*, 17(11), 1806–1819. <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6685-3>
- Fredes, C., Osorio, M. J., Parada, J., & Robert, P. (2018). Stability and bioaccessibility of anthocyanins from maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol.] Stuntz) juice microparticles. *LWT – Food Science and Technology*, 91, 549–556. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.090>
- González, R. E., Tarón, A., & Morón, L. B. (2015). Formación de microcápsulas de tamaño controlado por gelación iónica utilizando mezclas biopoliméricas binarias. *Información Tecnológica*, 26(6), 31–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600005>
- Grgić, J., Šelo, G., Planinić, M., Tišma, M., & Bucić-Kojić, A. (2020). Role of the encapsulation in bioavailability of phenolic compounds. *Antioxidants*, 9(10), 923. <https://doi.org/10.3390/antiox9100923>
- Grosso, G., Micek, A., Godos, J., Pajak, A., Sciacca, S., Galvano, F., & Giovannucci, E. L. (2017). Dietary flavonoid and lignan intake and mortality in prospective cohort studies: Systematic review and dose–response meta-analysis. *American Journal of Epidemiology*, 185(12), 1304–1316. <https://doi.org/10.1093/aje/kww207>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). NTC 4580: Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). NTC 6456: Frutas frescas. Gulupa. Especificaciones. ICONTEC.
- Joaquim, A., Paul, O., Ibezim, M., Johnson, D., Falconer, A., Wu, Y., Williams, F., & Mu, R. (2022). Electrospray deposition of polyvinylidene fluoride (PVDF) microparticles: Impact of solvents and flow rate. *Polymers*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/polym14132702>
- Martinović, J., Lukinac, J., Jukić, M., Ambrus, R., Planinić, M., Šelo, G., Klarić, A. M., Perković, G., & Bucić-Kojić, A. (2023). *In vitro* bioaccessibility assessment of phenolic compounds from encapsulated grape pomace extract by ionic gelation. *Molecules*, 28(13). <https://doi.org/10.3390/molecules28135285>
- Massounga Bora, A. F., Ma, S., Li, X., & Liu, L. (2018). Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.047>
- Morais, A. Í. S., Vieira, E. G., Afewerki, S., Sousa, R. B., Honorio, L. M. C., Cambrussi, A. N. C. O., Santos, J. A., Bezerra, R. D. S., Furtini, J. A. O., Silva-Filho, E. C., Webster, T. J., & Lobo, A. O. (2020). Fabrication of polymeric microparticles by electrospray: The impact of experimental parameters. *Journal of Functional Biomaterials*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/jfb11010004>

- Naranjo-Durán, A. M., Quintero-Quiroz, J., Rojas-Camargo, J., & Ciro-Gómez, G. L. (2021). Modified-release of encapsulated bioactive compounds from annatto seeds produced by optimized ionic gelation techniques. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80119-1>
- Naranjo-Durán, A. M., Quintero-Quiroz, J., Ciro-Gómez, G. L., Barona-Acevedo, M.-J., De, J., & Contreras-Calderón, C. (2023). Characterization of the antioxidant activity, carotenoid profile by HPLC-MS of exotic Colombian fruits (goldenberry and purple passion fruit) and optimization of antioxidant activity of this fruit blend. *Heliyon*, 9, e17819. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17819>
- Naranjo-Durán, A. M., Quintero-Quiroz, J., & Ciro-Gómez, G. L. (2023). Improving bioaccessibility of polyphenolic compounds in goldenberry–purple passion fruit blend through electrospray-assisted ionic gelation. En *37th EFFoST International Conference: Sustainable Food and Industry 4.0: Towards the 2030 Agenda* (p. 317). <https://www.effost.org/api/documents/downloadfile?fileid=1623823&forcedownload=False§ionid=141357>
- Nikoo, A. M., Kadkhodaei, R., Ghorani, B., Razzaq, H., & Tucker, N. (2018). Electrospray-assisted encapsulation of caffeine in alginate microhydrogels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.167>
- Nunes, M. A., Costa, A. S. G., Bessada, S., Santos, J., Puga, H., Alves, R. C., Freitas, V., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Olive pomace as a valuable source of bioactive compounds: A study regarding its lipid- and water-soluble components. *Science of the Total Environment*, 644, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.350>
- Partovinia, A., & Vatankhah, E. (2019). Experimental investigation into size and sphericity of alginate microbeads produced by electrospraying technique: Operational condition optimization. *Carbohydrate Polymers*, 209, 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.CARPOL.2019.01.019>
- World Health Organization. (2020). *Non-communicable diseases: Progress monitor 2020*. https://doi.org/10.5005/jp/books/11410_18
- Zakeri, M., Moghadam, H., Samimi, A., & Mohebbi-Kalhari, D. (2019). Optimization of calcium alginate beads production by electrospray using response surface methodology. *Materials Research Express*, 6(9). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab3377>

Propiedades funcionales de una infusión de gulupa (*Passiflora edulis Sims*), uchuva (*Physalis peruviana*), jengibre (*Zingiber officinale*) y yacón (*Polymnia sonchifolia*): revisión narrativa

Functional properties of an infusion of gulupa (*passiflora edulis sims*), cape gooseberry (*physalis peruviana*), ginger (*zingiber officinale*) and yacon (*Polymnia sonchifolia*): narrative review

Laura Cardona-Santana¹; Juan Fernando Córdoba-Fernández^{2*}; María Alejandra Agudelo-Martínez³

¹Estudiante de nutrición, Programa de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Calle 10A No. 22-04, Medellín, Colombia.

²Grupo de Investigación Nutral, Programa de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Calle 10A No. 22-04, Medellín, Colombia. *correo electrónico: jcordoba@ces.edu.co

³Grupo de Investigación Nutral, Programa de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Calle 10A No. 22-04, Medellín, Colombia. *correo electrónico: magudelo@ces.edu.co

Recibido: 29/ago/2025 Aceptado: 11/nov/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.vi0.119>

ID 1er. Autor: *Laura Cardona-Santana* / **ORCID**: 0009-0008-5719-5589

ID 1er. Coautor: *Juan Fernando Córdoba-Fernández* / **ORCID**: 0000-0003-0748-9809

ID 2do. Coautor: *María Alejandra Agudelo-Martínez* / **ORCID**: 0000-0002-9855-6757

Resumen

Introducción: las infusiones a base de frutas y plantas han ganado relevancia como alternativas saludables gracias a sus propiedades bioactivas. La gulupa, uchuva, jengibre y yacón destacan por sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios y metabólicos. Esta revisión narrativa evalúa la evidencia científica sobre las propiedades funcionales de una infusión que combina estos ingredientes. **Metodología:** se realizó una búsqueda exhaustiva en PubMed, Scopus y Google Scholar, incluyendo estudios originales, ensayos clínicos y revisiones sistemáticas publicados entre 2018 y 2024. Los descriptores incluyeron los nombres comunes y científicos de los ingredientes combinados con términos como “propiedades funcionales” y “efectos en la salud”. **Resultados:** los componentes analizados mostraron efectos significativos: la gulupa y la uchuva por su capacidad antioxidante; el jengibre y el yacón por sus efectos sobre la regulación glucémica, lipídica y la salud intestinal. Sin embargo, se identificó heterogeneidad en las dosis y resultados reportados, lo que evidencia la necesidad de estandarización. **Conclusiones:** la infusión evaluada presenta potencial como bebida funcional con beneficios antioxidantes, antiinflamatorios y metabólicos. Se requieren estudios adicionales para definir dosis óptimas y confirmar su eficacia en diferentes poblaciones.

Palabras clave: infusión, gulupa, uchuva, jengibre, yacón, propiedades funcionales.

Abstract

Introduction. Fruit and plant-based infusions have gained relevance as healthy alternatives thanks to their bioactive properties. Gulupa, uchuva, ginger and yacon stand out for their antioxidant, anti-inflammatory and metabolic effects. This narrative review evaluates the scientific evidence on the functional properties of an infusion combining these ingredients. **Methodology.** Comprehensive research was conducted in PubMed, Scopus, and Google Scholar, including original studies, clinical trials, and systematic reviews published between 2018 and 2024. Descriptors included the common and scientific names of ingredients combined with terms such as “functional properties” and “health effects”. **Results.** The components analyzed showed significant effects: gulupa and cape gooseberry for their antioxidant capacity; ginger and yacon for their effects on glycemic and lipid regulation and intestinal health. However, heterogeneity was identified in the doses and results reported, which shows the need for standardization. **Conclusions.** The evaluated infusion has potential as a functional beverage with antioxidant, anti-inflammatory and metabolic benefits. Further studies are required to define optimal doses and confirm their efficacy in different populations.

Keywords: Infusion, Passion fruit, Goldenberry, Ginger, Yacon, Functional properties.

Introducción

A lo largo del tiempo, las plantas han sido valoradas por su capacidad de proporcionar compuestos naturales con propiedades medicinales. Hoy, su potencial terapéutico sigue siendo de gran interés, especialmente en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas como el cáncer, que es la segunda causa de muerte a nivel global, solo precedida por las enfermedades cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021, 2022; Talib et al., 2020). Las plantas alimenticias y medicinales tienen diversos beneficios para la salud y aplicaciones clínicas, que van desde sus raíces hasta sus frutos y son reconocidas tanto en la medicina tradicional como en la biomedicina, dado su enfoque holístico para la salud, proporcionando no solo nutrientes esenciales sino también ingredientes bioactivos que pueden ayudar a prevenir y tratar enfermedades (Ramalingum & Mahomoodally, 2014).

Las frutas tropicales, entre las que se encuentra la gulupa y la uchuva, han recibido especial atención debido a su alta capacidad antioxidante (Moreno et al., 2014) y propiedades antiinflamatorias, lo que las convierte en una opción viable para la prevención de enfermedades asociadas al estrés oxidativo y a la inflamación crónica (Enriquez-Valencia et al., 2020; Pereira-Netto, 2018).

Por su parte, raíces como el yacón y los rizomas como el jengibre cuentan con propiedades nutraceuticas destacadas, como los fructooligosacáridos e inulina, compuestos prebióticos que promueven la salud intestinal y modulan parámetros metabólicos como la respuesta glucémica y la actividad antioxidante (Richter Reis et al., 2021). El jengibre, particularmente, contiene gingeroles y shogaoles, fitoquímicos con efectos antiinflamatorios, antioxidantes y antidiabéticos, respaldados por estudios pre y clínicos, que dan cuenta de su potencial terapéutico frente

a enfermedades metabólicas y gastrointestinales (Oshiomame Unuofin et al., 2021).

Colombia, uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, ha destinado en promedio entre 400 000 y más de 600 000 hectáreas al cultivo de diversos frutales entre 2019 y 2023, lo que le ha permitido consolidarse como uno de los principales productores de frutas y hortalizas a nivel global (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019; MinAgricultura, 2023). No obstante, pese a su abundante biodiversidad, el país aún subutiliza su flora medicinal. De las 50 000 especies de plantas que existen en Colombia, aproximadamente 400 son reconocidas por sus propiedades aromáticas y medicinales y únicamente se comercializan alrededor de 130, lo que refleja un aprovechamiento limitado de su potencial comercial y terapéutico (Bussmann et al., 2018; Minagricultura, 2019).

Lo anterior hace necesario que se amplíe la investigación sobre las propiedades medicinales de muchas especies aún inexploradas, especialmente en línea de la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas, donde las plantas y sus frutos podrían desempeñar un papel importante (Cardona et al., 2024). Conviene aumentar el conocimiento científico sobre la utilidad de estas plantas en el tratamiento de enfermedades prevalentes como el cáncer, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares (Nguanchoo et al., 2023).

En paralelo al creciente interés por los productos naturales, la popularidad de las infusiones a base de plantas y frutas ha aumentado significativamente a nivel global. El consumo de estas infusiones, también conocidas como tisanas o aromáticas, ha experimentado un auge, consolidándose como la segunda bebida más consumida después del agua (Cubas, 2022; FAO, 2024). En 2023,

la industria de las bebidas de infusión estaba valorada en 2 453 millones de dólares estadounidenses, y se espera que para 2028 alcance los 3 454 millones (Technavio - Infiniti Research, 2024). En Colombia, aunque el café sigue dominando el mercado de bebidas calientes, las infusiones han mostrado un aumento en ventas, alcanzando los 77,9 billones de pesos en 2017, lo que refleja el creciente interés por alternativas más saludables (Cubas, 2022). Sin embargo, a pesar del escalamiento de su popularidad, aún falta profundizar en los beneficios para la salud de estas bebidas, especialmente en el contexto de las frutas tropicales y las raíces.

El interés por productos naturales y saludables ha impulsado el desarrollo de infusiones como alternativas a las bebidas azucaradas, en parte, debido a su bajo contenido calórico y sus efectos positivos sobre la salud (Cleveland Clinic, 2024; Gupta et al., 2023). La FAO (2020) ha destacado el crecimiento del sector hortofrutícola, subrayando la importancia de promover el consumo de frutas y productos derivados, en sintonía con las tendencias hacia hábitos de vida más saludables.

En este contexto, surge la necesidad de profundizar en el conocimiento de las propiedades funcionales de una infusión elaborada a partir de gulupa (*Passiflora edulis Sims*), uchuva (*Physalis peruviana*), jengibre (*Zingiber officinale*) y yacón (*Polymnia sonchifolia*).

Materiales y métodos

A través de una revisión de la literatura científica reciente, se buscó establecer las propiedades funcionales y los efectos en la salud que poseería un producto alimenticio tipo infusión elaborado con gulupa, uchuva, jengibre y yacón. Para ello, se realizó una revisión de la literatura en diferentes tipos de documentos científicos recientes, relaciona-

dos con el estudio de compuestos funcionales presentes en algunas frutas tropicales y raíces.

La identificación de la información científica se realizó mediante una búsqueda profunda en las bases de datos PubMed, Scopus y Google Scholar. Los nombres comunes y científicos de las frutas y raíces fueron validados a través del tesoro especializado AGROVOC, obteniendo los siguientes términos: *Physalis peruviana*, uchuva; *Polymnia sonchifolia*, yacón; *Passiflora edulis Sims*, gulupa; y *Zingiber officinale*, jengibre. Otros descriptores empleados en la búsqueda incluyeron “efectos en la salud” y “propiedades funcionales”, así como sus equivalentes en inglés “health effects” y “functional properties”. Las búsquedas avanzadas se llevaron a cabo combinando estos descriptores mediante los operadores booleanos AND y OR.

Se aplicaron criterios de inclusión para tamizar los estudios identificados. Se incluyeron artículos en español e inglés, publicados entre 2018 y 2024, disponibles en acceso abierto en las bases de datos consultadas, y que abordaran información relevante sobre las propiedades funcionales y los efectos benéficos de las frutas y raíces seleccionados. Los estudios incluyeron tanto artículos originales como ensayos clínicos, estudios experimentales y revisiones sistemáticas. En esta fase, se definieron criterios de exclusión para los estudios que no se ajustaban al objetivo de la investigación, lo que permitió eliminar aquellos artículos que podrían introducir sesgos en los resultados.

Resultados

Los resultados obtenidos en la revisión de la literatura muestran una amplia variedad de estudios que investigan las propiedades funcionales de los ingredientes seleccionados para la infusión, incluyendo la gulupa, la uchuva, el jengibre y el yacón. Cada uno de

estos ingredientes han demostrado tener efectos específicos en la salud humana, como la actividad antioxidante, la regulación metabólica y la mejora de la respuesta inflamatoria.

El análisis comparativo de los compuestos bioactivos en el cuadro 1 señala una marcada variabilidad entre los alimentos evaluados. La gulupa presenta el mayor contenido de fenoles ($160,9 \pm 13,1$ mg/100 g) y un nivel destacado de antocianinas (173 ± 18 mg/100 g), lo que respalda su potencial como fuente de antioxidantes naturales.

En contraste, el jengibre se distingue por su elevado aporte de flavonoides ($46,73 \pm 2,05$ mg/100 g), ubicándolo por encima de las demás matrices. La uchuva y el yacón muestran concentraciones menores, aunque no despreciables, que igualmente contribuyen de manera complementaria a la capacidad funcional de una posible infusión conjunta. Estos resultados sugieren que la combinación de dichos ingredientes en una bebida tipo infusión, podría ofrecer un perfil fitoquímico equilibrado, capaz de potenciar efectos antioxidantes y metabólicos en sinergia.

Cuadro 1. Contenido de compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides y antocianinas) en gulupa, uchuva, jengibre y yacón (mg/100 g de producto fresco)

Cantidad total en mg/100 g de producto	Gulupa	Uchuva	Jengibre	Yacón
Fenoles	$160,9 \pm 13,1$	$26,24 \pm 2,16$	$43,75 \pm 0,01$	$29,65 \pm 0,15$
Flavonoides	$2,31 \pm 0,33$	$1,48 \pm 0,04$	$46,73 \pm 2,05$	$19,93 \pm 0,24$
Antocianinas	173 ± 18	$0,88 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,0$	

Fuente: (Ghafoor et al., 2020; Jiménez et al., 2011; Marín Idárraga et al., 2023; Munoz et al., 2023; Ozola et al., 2019)

Propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de la gulupa

Un estudio experimental con la gulupa (*Passiflora edulis* Sims) sugirió varios

beneficios significativos, especialmente en relación con sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, ya que el contenido de polifenoles de la gulupa, que incluye compuestos como (+)-catequina, la cianidina-3-rutinósido y el ácido ferúlico, mostraron efectividad intermedia en la prevención de la disfunción de la barrera intestinal inducida por inflamación en células Caco-2, cuya dosis más efectiva para lograr un efecto protector moderado fue de 10 mg/ml. Los extractos de gulupa inhibieron la pérdida de resistencia eléctrica transepitelial, mostrando un impacto protector contra la inflamación crónica en el intestino, lo que podría tener implicaciones para la prevención y tratamiento de enfermedades como la obesidad y enfermedades inflamatorias intestinales (Carmona-Hernandez et al., 2019).

Por otro lado, estudios recientes también han explorado los beneficios de los polisacáridos presentes en la cáscara de gulupa. En el primer estudio se analizaron dos polisacáridos extraídos de la cáscara mediante métodos de extracción con agua caliente (PFSP60) y ultrasonidos (UPFSP60), demostrando que estos compuestos no solo tienen alta actividad antioxidante, sino que también son efectivos para inhibir factores proinflamatorios como IL-1 β , TNF- α e IL-6 en células RAW 264.7 inducidas por lipopolisacáridos. El estudio sugiere que los compuestos de la gulupa pueden ser útiles en la reducción del riesgo de enfermedades inflamatorias y crónicas (Teng et al., 2022).

Por su parte, Zhao et al. (2023) identificaron que el método de extracción influye en la estructura y funcionalidad de los polisacáridos, optimizando su actividad biológica, mientras que Yu et al. (2024) mostraron que estos compuestos promueven la proliferación de bacterias intestinales beneficiosas y la producción de ácidos grasos de cadena corta, favoreciendo la salud intestinal y sistémica.

Asimismo, otros investigadores evaluaron la capacidad antioxidante y el perfil de carotenoides de la gulupa, destacando su alto contenido de polifenoles y su potencial como alimento funcional debido a su efecto positivo en la reducción de peroxidación lipídica, lo que sustenta la importancia de la gulupa no solo como una fuente de antioxidantes naturales, sino también por su capacidad para modular procesos inflamatorios, contribuyendo a la prevención de enfermedades crónicas (Naranjo-Durán et al., 2023).

Potencial antioxidante y bioaccesibilidad de los compuestos bioactivos en la uchuva

La uchuva (*Physalis peruviana*) es valorada por los beneficios que ofrece a la salud, debido a su alto contenido de compuestos bioactivos de tipo fenólicos y carotenoides. El estudio de Guiné et al. analizó los compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante, revelando que el fruto es rico en fibra, vitamina C, carotenoides y compuestos fenólicos, con una capacidad antioxidante entre 7,7 y 13,7 $\mu\text{mol Te/g}$. Sin embargo, se observó que solo entre el 40 % y el 50 % de los compuestos fenólicos, y el 23 % al 34 % de la actividad antioxidante se mantienen disponibles después de la digestión gastrointestinal. Esta reducción en la bioaccesibilidad sugiere que, aunque los compuestos fenólicos y antioxidantes de la uchuva son potentes, su capacidad para ser absorbidos y utilizados por el organismo es parcialmente limitada (Guiné et al., 2020).

Por otro lado, se ha complementado este análisis al examinar el perfil de carotenoides y la actividad antioxidante de la uchuva y su mezcla con otras frutas exóticas. En un estudio, se identificaron carotenoides clave como la luteína, el α -caroteno y el β -caroteno, los cuales son responsables de sus efectos antioxidantes y su papel en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. Si bien, no se establece un valor dosis-respuesta,

el contenido de polifenoles totales fue de $5,29 \pm 0,34$ mg de ácido gálico por gramo del alimento. Se observó que el estado de madurez de la fruta influye de manera significativa en su actividad antioxidante, con los frutos en madurez avanzada mostrando mayor capacidad de reducción de hierro y mayor concentración de polifenoles (Naranjo-Durán et al., 2023).

Además, se destaca el impacto de los métodos de extracción asistidos por ultrasonido para optimizar la recuperación de compuestos bioactivos, mejorando así la capacidad antioxidante de la uchuva. Estos hallazgos subrayan el potencial de la uchuva no solo como fuente de antioxidantes, sino también como ingrediente en mezclas funcionales que pueden aumentar el valor nutricional de productos alimenticios (Añibarro-Ortega et al., 2025; Naranjo-Durán et al., 2023).

Potencial terapéutico del jengibre

En cuanto al jengibre, múltiples estudios han demostrado su potencial terapéutico. Según una revisión sistemática y metaanálisis, entre los compuestos bioactivos presentes en esta raíz se destacan el 6-gingerol y el 6-shogaol, los cuales son responsables de muchos de sus efectos biológicos. El estudio indicó que el consumo de entre 200 y 3 000 mg/día de polvos y extractos de jengibre durante periodos de 2 a 12 semanas se asocia con la reducción del peso corporal, la mejora en los niveles de glucosa en ayunas y el aumento del colesterol HDL, aunque no se observan efectos significativos en el índice de masa corporal (IMC) ni en los triglicéridos (Maharlouei et al., 2019).

Estos hallazgos coinciden con los de otro estudio, que destacan el papel antiinflamatorio del 6-shogaol y el 6-gingerol, siendo efectivos en el tratamiento de enfermedades inflamatorias como la artritis y el cáncer,

además de mejorar la respuesta a la quimioterapia (Ballester et al., 2022).

De manera complementaria, se ha demostrado que extractos de jengibre en concentraciones de 50 a 200 mg/mL poseen una notable actividad antibacteriana contra diversas bacterias patógenas, lo que subraya su potencial uso como agente antimicrobiano (Edo et al., 2024).

Beneficios del yacón en la salud digestiva y la regulación metabólica

En relación con el yacón, este ha sido ampliamente estudiado por sus beneficios sobre la salud digestiva y metabólica. Un ensayo clínico determinó que el consumo diario de 25 g de harina de yacón, rica en fructooligosacáridos (FOS), genera efectos en la salud como mejora en la composición corporal, reducción de la masa grasa, y una mejora en la función intestinal y composición de las heces debido a su capacidad de actuar como un suplemento de fibra (Machado et al., 2019).

Otros estudios también sugieren que el consumo de 40 g de jarabe de yacón, con un contenido de 14 g de FOS y ácidos clorogénicos, reduce la respuesta postprandial de glucosa e insulina en mujeres adultas, lo que indica su impacto positivo en la regulación del metabolismo glucídico (Adriano et al., 2019). Asimismo, otra investigación confirmó que la misma cantidad de jarabe de yacón mejora tanto la respuesta insulínica como la microbiota intestinal, lo que refuerza su potencial como prebiótico y regulador de la glucosa en sangre (Sales et al., 2023).

En general, los estudios revisados indican que los componentes funcionales de las plantas y frutas evaluadas comparten varias propiedades clave, en particular sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios y de regulación del metabolismo. No obstante, se obser-

va variabilidad en las dosis utilizadas y en los métodos de administración, lo cual podría explicar algunas discrepancias menores en los resultados. Por ejemplo, aunque se destaca el potencial del jengibre para reducir síntomas inflamatorios, la efectividad de las dosis varía significativamente entre los estudios, lo que sugiere la necesidad de más investigaciones para determinar las dosis óptimas según las condiciones de salud evaluadas (Ballester et al., 2022; Maharlouei et al., 2019).

El cuadro 2 presenta una síntesis de los estudios analizados, que investigan el impacto de frutas y raíces, como la gulupa, la uchuva, el jengibre y el yacón, en la salud humana. Se describen los diferentes tipos de estudios y los componentes funcionales de los alimentos analizados. El cuadro ilustra parte de la evidencia científica actual sobre el potencial uso de estos ingredientes en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades crónicas.

Discusión

La presente revisión narrativa buscó profundizar en el análisis de las propiedades funcionales de una infusión elaborada con ingredientes de gulupa (*Passiflora edulis*), uchuva (*Physalis peruviana*), jengibre (*Zingiber officinale*) y yacón (*Polymnia sonchifolia*). Los estudios revisados muestran una notable variabilidad en los resultados obtenidos debido a factores como las dosis empleadas, las poblaciones evaluadas y los métodos de administración de los ingredientes. Por ejemplo, la variabilidad en las dosis de jengibre utilizadas en los estudios de Ballester et al. (2022) y Maharlouei et al. (2019) influyeron en los resultados en cuanto a la capacidad antiinflamatoria y antioxidante, ya que se observaron diferencias significativas en los efectos metabólicos del jengibre, lo que sugiere la necesidad de estandarizar las cantidades en futuros estudios.

Cuadro 2. Efectos y dosis de componentes funcionales en frutas gulupa y uchuva y en raíces jengibre y yacón

Ingrediente	Componente funcional	Dosis	Efectos funcionales	Población estudiada	Referencia
Gulupa	Polifenoles (flavan-3-oles, ácidos fenólicos, catequinas)	No especificada	Antioxidante, antiinflamatorio, protege la barrera intestinal	In vitro	(Carmona-Hernandez et al., 2019)
Gulupa	Polisacáridos de pectina (PFSP60 y UPFSP60)	No se especifica para humanos	Actividad antioxidante, inhibición de citocinas inflamatorias	In vitro y modelos animales	(Teng et al., 2022)
Gulupa	Carotenoides (β-caroteno, luteína, licopeno)	No especificada	Actividad antioxidante, posible protección contra enfermedades crónicas	In vitro	(Naranjo-Durán et al., 2023)
Uchuva	Carotenoides (β-caroteno, criptoxantina), sesquiterpenos, withanólidos	No especificada	Movilización de grasas, efectos antioxidantes	In vitro	(Naranjo-Durán et al., 2023)
Uchuva	Vitamina C, flavonoides y taninos	No especificada	Actividad antioxidante, mejora de salud inmunológica	In vitro	(Moreno et al., 2014)
Uchuva	Compuestos fenólicos, fibra, vitamina C, carotenoides y flavonoides	No especificada	Actividad antioxidante, actividad antiinflamatoria	In vitro	(Guiné et al., 2020)
Jengibre	6-gingerol, 6-shogaol, zingerona	200-3000 mg/día (ensayos clínicos en humanos)	Reducción de peso, mejora de perfil lipídico y glucémico	Humanos	(Maharlouei et al., 2019)
Jengibre	6-shogaol, 8-shogaol, 6-	50-200 mg/mL (in vitro y animales)	Actividad antibacteriana, reducción de estrés oxidativo y de síntomas inflamatorios en modelos animales.	In vitro	(Edo et al., 2024)
Jengibre	6-shogaol, 8-shogaol, 6-gingerol, zingerona	50-200 mg/mL de extracto	Efectos antiinflamatorios, antioxidantes, neuroprotectores	In vitro y en animales	(Ballester et al., 2022)
Yacón	Fructooligosacáridos (FOS), ácido clorogénico	25-40 g/día (humano)	Reducción de glucosa postprandial, modulación de microbiota intestinal, mejora de la función digestiva.	Humanos	(Adriano et al., 2019), (Machado et al., 2019)
Yacón	Fructooligosacáridos (FOS)	40 g de jarabe de yacón	Reducción de la respuesta posprandial de insulina, modulación de la microbiota intestinal	Humanos	(Sales et al., 2023)

Se demostró que los componentes activos de las raíces y frutas en estudio contienen componentes como compuestos fenólicos, fructooligosacáridos y carotenoides, que tienen efectos significativos en la salud humana. En particular, se observó que el jengibre y el yacón son efectivos en la regulación del metabolismo glucídico y lipídico, mientras que la gulupa y la uchuva poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Carmona-

Hernández et al., 2019; Guiné et al., 2020; Naranjo-Durán et al., 2023; Teng et al., 2022). Además, el yacón mostró un impacto positivo en la microbiota intestinal, actuando como prebiótico (Adriano et al., 2019; Machado et al., 2019; Sales et al., 2023).

Estos hallazgos subrayan el potencial de la infusión como una bebida funcional con múltiples beneficios para la salud, al tiempo

que resalta la importancia de realizar investigaciones adicionales para optimizar las dosis, dado que se deben evitar generalizaciones amplias sin el respaldo científico adecuado. Si bien la infusión muestra efectos positivos en la regulación del metabolismo glucídico y lipídico, estos hallazgos deben interpretarse con cautela, dado que varios de los estudios revisados fueron *in vitro* (Ballester et al., 2022; Carmona-Hernández et al., 2019; Edo et al., 2024; Naranjo-Durán et al., 2023; Teng et al., 2022).

En cuanto a las diferencias observadas, uno de los principales puntos de divergencia en la literatura revisada es la variabilidad en las respuestas a las dosis de ciertos componentes. Por ejemplo, aunque algunos estudios muestran mejoras significativas en la respuesta insulínica con dosis de 40 g de jarabe de yacón, otros no reportan el mismo nivel de efectividad, lo que podría atribuirse a diferencias en las condiciones clínicas de los participantes o en la forma de administración del suplemento (Adriano et al., 2019; Sales et al., 2023).

De igual forma, mientras que algunos estudios señalan una mayor efectividad del jengibre en la reducción de la inflamación, la variabilidad en las concentraciones utilizadas y los periodos de tratamiento dificultan la comparación directa de los resultados (Edo et al., 2024; Maharlouei et al., 2019).

Conclusiones

La evidencia permitió establecer que una infusión elaborada a partir de gulupa, uchuva, jengibre y yacón poseería un importante potencial como bebida funcional, atribuible a los beneficios metabólicos y antioxidantes de sus componentes.

El jengibre y el yacón han evidenciado tener un impacto favorable en la regulación del metabolismo de carbohidratos y lípidos,

mientras que la gulupa y la uchuva poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que aportarían beneficios al consumidor. Asimismo, el yacón, por su capacidad funcional como prebiótico, contribuiría significativamente a la mejora de la salud intestinal, lo que refuerza su relevancia dentro de la formulación de la infusión.

Sin embargo, a pesar de la evidencia analizada, es necesario profundizar en la búsqueda, evaluación y síntesis de más evidencia disponible, mediante la ejecución de revisiones sistemáticas con metaanálisis, que profundicen en la información en cuanto a dosis y formulaciones más precisas, que permitan estimar los efectos de exposición ante los compuestos bioactivos y funcionales de los ingredientes abordados en esta revisión narrativa.

Para validar y consolidar estos resultados, futuras investigaciones deben incorporar análisis organolépticos, estudios longitudinales y pruebas en diversas poblaciones, con el objetivo de garantizar tanto la eficacia como posible aceptabilidad de la infusión.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos de la Universidad CES, Medellín-Antioquia, por el apoyo otorgado a lo largo de la realización de este trabajo.

Contribución de autoría

L.C.S., J.F.C.F. y M.A.A.M. participaron en la concepción y planificación del estudio. L.C.S., J.F.C.F. y M.A.A.M. supervisaron y evaluaron el desarrollo del estudio. L.C.S. y J.F.C.F. se encargaron de la interpretación de los resultados. L.C.S. y J.F.C.F. fueron responsables de la redacción del manuscrito. L.C.S., J.F.C.F. y M.A.A.M. revisaron y realizaron modificaciones al manuscrito.

Todos los autores aprobaron la versión final del documento.

Financiación

Los autores declaran que el estudio no recibió financiación alguna para su ejecución.

Conflicto de intereses

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

Referencias

- Adriano, L. S., Dionísio, A. P., Abreu, F. A. P. de, Carioca, A. A. F., Zocolo, G. J., Wurlitzer, N. J., Pinto, C. de O., de Oliveira, A. C., & Sampaio, H. A. de C. (2019). Yacon syrup reduces postprandial glycemic response to breakfast: A randomized, crossover, double-blind clinical trial. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 126, 108682. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108682>
- Añibarro-Ortega, M., Dias, M. I., Petrović, J., Mandim, F., Núñez, S., Soković, M., López, V., Barros, L., & Pinela, J. (2025). Nutrients, Phytochemicals, and In Vitro Biological Activities of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) Fruit and Calyx. *Plants*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/plants14030327>
- Ballester, P., Cerdá, B., Arcusa, R., Marhuenda, J., Yamedjeu, K., & Zafrilla, P. (2022). Effect of Ginger on Inflammatory Diseases. *Molecules*, 27(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/molecules27217223>
- Bussmann, R. W., Paniagua Zambrana, N. Y., Romero, C., & Hart, R. E. (2018). Astonishing diversity—The medicinal plant markets of Bogotá, Colombia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0241-8>
- Cardona, K., Rugeles, P., Tarazona, L., Díaz, L., Muñoz, J., & López, D. (2024). Explorando el potencial de las tecnologías ómicas en la investigación de plantas medicinales: Una revisión en Colombia *Boletín Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromáticas*, 23(4), 460-486. <https://doi.org/10.37360/blacpma.24.23.4.32>
- Carmona-Hernandez, J. C., Taborda-Ocampo, G., Valdez, J. C., Bolling, B. W., & González-Correa, C. H. (2019). Polyphenol Extracts from Three Colombian Passifloras (Passion Fruits) Prevent Inflammation-Induced Barrier Dysfunction of Caco-2 Cells. *Molecules*, 24(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/molecules24244614>
- Cleveland Clinic. (2024). *Why You Might Want To Give Flavored Water a Chance*. Cleveland Clinic. <https://health.clevelandclinic.org/is-flavored-water-good-for-you>
- Cubas, I. (2022). *Consumo de infusiones y té: Una tendencia en ascenso por sus beneficios a la salud*. The Food Tech. <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/consumo-de-infusiones-y-te-una-tendencia-en-ascenso-por-sus-beneficios-a-la-salud/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria ENA - 2019*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- Edo, G. I., Onoharigho, F. O., Jikah, A. N., Ezekiel, G. O., Essaghah, A. E. A., Ekokotu, H. A., Ugbune, U., Oghrora, E. E. A., Emakpor, O. L., Ainyanbhor, I. E., Akpogheli, P. O., Ojulari, A. E., Okoronkwo, K. A., & Owheru, J. O. (2024). Evaluation of the physicochemical, phytochemical and anti-bacterial potential of *Zingiber officinale* (ginger). *Food Chemistry Advances*, 4, 100625. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100625>
- Enriquez-Valencia, S. A., Salazar-López, N. J., Robles-Sánchez, M., González-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., Lopez-Martinez, L. X., Enriquez-Valencia, S. A., Salazar-López, N. J., Robles-Sánchez, M., González-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., & Lopez-Martinez, L. X. (2020). Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 205-214. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.006>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper*. <https://doi.org/10.4060/cb2395en>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Current Global Market Situation and Medium-Term Outlook* (No. Committee on Commodity Problems). Intergovernmental Group on Tea. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f912481a-3666-46e7-965e-30b227a19994/content>
- Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Babiker, E. E., & Mohamed Ahmed, I. A. (2020). Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. *LWT*, 126, 109354. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109354>
- Guiné, R. P. F., Gonçalves, F. J. A., Oliveira, S. F., & Correia, P. M. R. (2020). Evaluation of Phenolic Compounds, Antioxidant Activity and Bioaccessibility in *Physalis Peruviana* L. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S470-S490. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1741056>
- Gupta, A., Sanwal, N., Bareen, M. A., Barua, S., Sharma, N., Joshua Olatunji, O., Prakash Nirmal, N., & Sahu, J. K. (2023). Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*, 170, 113046. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113046>
- Jiménez, A. M., Sierra, C. A., Rodríguez-Pulido, F. J., González-Miret, M. L., Heredia, F. J., & Osorio, C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. *Fo edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International*, 44(7), 1912-1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>
- Machado, A. M., da Silva, N. B. M., Chaves, J. B. P., & Alfenas, R. de C. G. (2019). Consumption of yacon flour improves body composition and intestinal function in overweight adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Clinical Nutrition ESPEN*, 29, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.12.082>
- Maharlouei, N., Tabrizi, R., Lankarani, K. B., Rezaianzadeh, A., Akbari, M., Kolahdooz, F., Rahimi, M., Keneshlou, F., & Asemi, Z. (2019). The effects of ginger intake on weight loss and metabolic profiles among overweight and obese subjects: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(11), Article 11. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427044>
- Marín Idárraga, D. A., Salamanca Grosso, G., Espinosa Trujillo, J. M., Hernández López, J. A., Reyes Méndez, L. M., Rodríguez Guevara, L. Y., & Gómez Acosta, M. L. (2023). *Caracterización de la gulupa (Passiflora edulis Sims var. Edulis) producida en el municipio de Cajamarca—Cañón de Anaime, Tolima, Colombia* (1.a ed.). Sello Editorial UNAD.
- Minagricultura. (2019). *Cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/PlantasAromaticas/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- MinAgricultura. (2023). *Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Frutales Varios*. Agronet. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Moreno, E., Ortiz, B. L., & Restrepo, L. P. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), Article 3. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v43n3.53615>
- Munoz, A. M., Jimenez-Champi, D., Conteras-Lopez, E., Fernandez-Jeri, Y., Best, I., Aguilar, L., & Ramos-Escudero, F. (2023). Valorization of extracts of Andean roots and tubers and its byproducts: Bioactive components and antioxidant activity in vitro. *Food Research*, 7(4), 55-63. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(4\).002](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(4).002)
- Naranjo-Durán, A. M., Quintero-Quiroz, J., Ciro-Gómez, G. L., Barona-Acevedo, M.-J., & Contreras-Calderón, J. de C. (2023). Characterization of the antioxidant activity, carotenoid profile by HPLC-MS of exotic colombian fruits (goldenberry and purple passion fruit) and optimization of antioxidant activity of this fruit blend. *Heliyon*, 9(7), Article 7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17819>
- Nguanchoo, V., Balslev, H., Sadgrove, N. J., & Phumthum, M. (2023). Medicinal plants used by rural Thai people to treat non-communicable diseases and related symptoms. *Heliyon*, 9(1),

- Article
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12758>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitsstreams/2120f787-5a49-41f5-a9fb-f4ceaac98b2c/content>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*. Organización Mundial de la Salud (OMS). [https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Cáncer*. Organización Mundial de la Salud (OMS). <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/cancer>
- Oshiomame Unuofin, J., Prenate Masuku, N., Kehinde Paimo, O., & Lucky Lebelo, S. (2021). Ginger from Farmyard to Town: Nutritional and Pharmacological Applications. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 779352. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.779352>
- Ozola, B., Augspole, I., Duma, M., & Kreicbergs, V. (2019). Bioactive compounds in fresh and dried ginger root (*Zingiber Officinale*). *Foodbalt*, 265-268. <https://doi.org/10.22616/FoodBalt.2019.050>
- Pereira-Netto, A. B. (2018). Tropical Fruits as Natural, Exceptionally Rich, Sources of Bioactive Compounds. *International Journal of Fruit Science*, 18(3), 231-242. <https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1444532>
- Ramalingum, N., & Mahomoodally, M. F. (2014). The Therapeutic Potential of Medicinal Foods. *Advances in Pharmacological Sciences*, 2014, 354264. <https://doi.org/10.1155/2014/354264>
- Richter Reis, F., Marques, C., Moraes, A. C., & Masson, M. L. (2021). Effect of processing methods on yacon roots health-promoting compounds and related properties. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.010>
- Sales, S. da S., Dionísio, A. P., Adriano, L. S., Melo, B. R. C. de, Abreu, F. A. P. de, Sampaio, H. A. de C., Silva, I. D. C. G. da, & Carioca, A. A. F. (2023). Previous gut microbiota has an effect on postprandial insulin response after intervention with yacon syrup as a source of fructooligosaccharides: A randomized, crossover, double-blind clinical trial. *Nutrition*, 109, 111948. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111948>
- Talib, W. H., AL-ataby, I. A., Mahmood, A. I., Jawarneh, S., Al Kury, L. T., & AL-Yasari, I. H. (2020). The Impact of Herbal Infusion Consumption on Oxidative Stress and Cancer: The Good, the Bad, the Misunderstood. *Molecules*, 25(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/molecules25184207>
- Technavio - Infiniti Research. (2024). *Global Fruit Tea Market 2024-2028*. Infiniti Research. <https://www.technavio.com/report/fruit-tea-market-size-industry-analysis>
- Teng, H., He, Z., Li, X., Shen, W., Wang, J., Zhao, D., Sun, H., Xu, X., Li, C., & Zha, X. (2022). Chemical structure, antioxidant and anti-inflammatory activities of two novel pectin polysaccharides from purple passion fruit (*Passiflora edulia Sims*) peel. *Journal of Molecular Structure*, 1264, 133309. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.133309>
- Yu, Y.-H., Wu, L.-B., Liu, X., Zhao, L.-C., Li, L.-Q., Jin, M.-Y., Yu, X., Liu, F., Li, Y., Li, L., & Yan, J.-K. (2024). In vitro simulated digestion and fermentation characteristics of pectic polysaccharides from fresh passion fruit (*Passiflora edulis f. Flavicarpa L.*) peel. *Food Chemistry*, 452, 139606. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139606>
- Zhao, L., Wu, L., Li, L., Zhu, J., Chen, X., Zhang, S., Li, L., & Yan, J.-K. (2023). Physicochemical, structural, and rheological characteristics of pectic polysaccharides from fresh passion fruit (*Passiflora edulis f. Flavicarpa L.*) peel. *Food Hydrocolloids*, 136, 108301. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108301>

Desarrollo de un queso fresco hilado descremado, con controlado contenido de sodio, una propuesta de snack saludable

Development of a low-fat fresh string cheese with controlled sodium content, a healthy snack option

Alejandra Valencia-Naranjo^{1*}; Simón Jaramillo-Caro²; Valentina Gonzalez-Monsalve²

¹ Grupo de Investigación Nutral, Programa de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Calle 10A No. 22-04, Medellín, Colombia. *correo electrónico: avalencian@ces.edu.co

² Nutricionista Dietista, Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, Universidad CES, Calle 10A No. 22-04, Medellín, Colombia.

Recibido: 29/ago/2025 Aceptado: 26/nov/2025 // <https://doi.org/10.32870/rayca.vi0.120>

ID 1er. Autor: *Alejandra Valencia-Naranjo* / **ORCID:** 0000-0002-7515-0594

ID 1er. Coautor: *Simón Jaramillo-Caro* / **ORCID:** 0009-0009-9614-8846

ID 2do. Coautor: *Valentina González-Monsalve* / **ORCID:** 0009-0009-8290-9157

Resumen

La industria láctea en Colombia es un sector con gran potencial comercial debido a su alta aceptabilidad, valor nutricional y avance tecnológico. Como resultado de la nueva normatividad del etiquetado frontal y sellos de advertencia se requiere del desarrollo de productos alimenticios más saludables. El presente estudio tuvo el objetivo de evaluar la viabilidad de un queso fresco de pasta hilada descremado y con controlado contenido de sodio como snack saludable. La evaluación se realizó mediante entrevistas a expertos, identificación de gustos y preferencias del posible consumidor, la elaboración de un queso de pasta hilada descremado con controlado contenido de sodio y su evaluación sensorial. Según los expertos la propuesta es viable siempre y cuando haya adecuada aceptación sensorial y los costos no aumenten. Se obtuvieron 204 cuestionarios diligenciados acerca de gustos y preferencias con relación al consumo de lácteos y snacks. El análisis sensorial (N=80) indicó que el sabor fue el atributo con menor aceptabilidad (“Ni me gusta ni me disgusta”), sin embargo, los demás atributos obtuvieron alta aceptación.

Palabras clave: industria láctea, queso, dieta saludable, difusión de innovación, valor nutricional.

Abstract

The dairy industry in Colombia is a sector with great commercial potential due to its high acceptability, nutritional value, and technological advances. As a result of new regulations on front-of-package labeling and warning labels, there is a need to develop healthier food products. The objective of this study was to evaluate the viability of a low-fat, sodium-controlled fresh string cheese as a healthy snack. The evaluation was carried out through interviews with experts, identification of the tastes and preferences of potential consumers, the production of a skimmed string cheese with controlled sodium content, and its sensory evaluation. According to the experts, the proposal is viable as long as there is adequate sensory acceptance and costs do not increase. A total of 204 questionnaires were completed on tastes and preferences in relation to the consumption of dairy products and snacks. Sensory analysis (N=80) indicated that taste was the attribute with the lowest acceptability (“Neither like nor dislike”), however, the other attributes obtained high acceptance.

Keywords: Dairy industry, cheese, healthy diet, dissemination of innovation, nutritional value.

Introducción

La leche, debido a su alto valor nutricional, es un alimento de alta producción mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2022). Se le reconoce un favorable contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OECD] y FAO, 2019). Además, es la base de los derivados lácteos como lo son el queso, la mantequilla, la leche en polvo, yogur, entre otros (Ciência do Leite, 2014). Si bien hay factores que han deteriorado la imagen de los lácteos como las reacciones alérgicas en niños menores de 2 años, la alta prevalencia de intolerancia a la lactosa (Marangoni et al., 2019), y su usual elevado contenido de grasas saturadas, azúcares y sodio (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2019); desde los años 90 esta industria ha venido desarrollando tecnificados procesos que permiten eliminar y modificar sus componentes nutricionales para mejorar su composición nutricional y aceptación final (Duncan, 1998), un ejemplo de esto son los productos lácteos descremados, fermentados, aislados, deshidratados, hidrolizados y demás (Duncan, 1998; Ferrão et al., 2016; Marangoni et al., 2019; Nagpal et al., 2012; Pelivanoska, 2022; Walstra et al., 2005; Weerathilake et al., 2014).

En Colombia la leche y sus derivados han estado presente en la dieta de forma histórica (Ghisays & Aragón, 2021; Holmann et al., 2004). Datos próximos, como los arrojados por la Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia 2015 (Gobierno de Colombia., 2015), evidencian que aproximadamente el 80 % de los colombianos (Excluyendo a menores de 3 años y mayores de 64) consume lácteos. Además, según el estudio de tendencias de derivados lácteos en Antioquia, se evidencia que la industria creció en un 19 %, y del total de lácteos procesados, el 18,01 % hizo referencia a quesos,

posicionándolos como el segundo producto más producido de la industria láctea (Cámara de Industria y Comercio Colombo-Alemana 15., 2022).

Recientemente, la OPS (2019), en su informe “Alimentos y bebidas ultraprocesadas en América Latina” – 2019”, reconoció al queso como un producto ultraprocesado (UP), el cual suele contener elevadas cantidades de sodio, grasa total y grasa saturada (OPS, 2019). El término alimento UP, según la clasificación “NOVA”, hace referencia a aquellos alimentos que contienen en su formulación 5 o más ingredientes, los cuales se fabrican a partir de diferentes procesos industriales (L. Z. Monteiro et al., 2023). Es probable que algunos quesos debido al uso de estabilizantes, conservantes y demás aditivos, posean más de 5 ingredientes y, por consiguiente, sean catalogados como alimentos UP. Los snacks, por otro lado, son alimentos de presentación pequeña los cuales no son necesariamente alimentos UP, ya que podrían corresponder a pequeñas porciones de frutas, nueces o semillas, o también, a pequeños productos de paquete altamente procesados que suelen consumirse en las “entrecomidas” (Saldivar, 2016).

Tanto los alimentos UP, como los snacks, son alimentos de alta demanda global actual y la cual se proyecta siga en aumento (Marino et al., 2021; Statista, 2024), sin embargo, ambos alimentos se han generalizado a una amplia variedad de productos con gran contenido de nutrientes críticos (grasas saturadas, trans, azúcar y sodio) (Holmann et al., 2004; C. Monteiro et al., 2014; OPS, 2019).

Colombia, con el fin de promover productos alimenticios mejor formulados, aprobó las resoluciones 810 de 2021 y 2492 de 2022, las cuales exigen que todo alimento procesado, UP, sólido o semisólido, el cual aporte cantidades de sodio, azúcares, grasas sa-

turadas y grasas trans por encima de los límites establecidos, o contenga edulcorantes, deberá rotular sellos frontales de advertencia (Cuadro 1).

Cuadro 1. Límites de contenidos de nutrientes para establecimiento de sello de advertencia

Nutriente	Sólidos (100 g) – semisólidos	Líquidos (100 mL)
Sodio	≥ 1 mg/kcal y/o ≥ 300 mg/100 g. Para carnes crudas envasadas a las que se haya adicionado sal/sodio, el límite es 300 mg/100 g.	≥ 1 mg/kcal o Bebidas alcohólicas sin aporte energético: ≥ 40 mg de sodio cada 100 mL.
Azúcares	≥ 10 % del total de energía proveniente de azúcares libres	≥ 10 % del total de energía proveniente de azúcares libres
Grasas saturadas	≥ 10 % del total de energía proveniente de grasas saturadas	≥ 10 % del total de energía proveniente de grasas saturadas
Grasas trans	≥ 1 % del total de energía proveniente de grasas trans	≥ 1 % del total de energía proveniente de grasas trans
Edulcorantes	Cualquier cantidad de edulcorantes	Cualquier cantidad de edulcorantes

Fuente: resoluciones 810 de (2021) y 2492 de (2022)



Figura 1 Forma del sello frontal de advertencia
Fuente: resoluciones 810 de (2021) y 2492 de (2022)

En los quesos, dependiendo de su tipo, se ha identificado que la disminución del contenido graso, y/o de sodio, puede resultar en un producto de menor sabor, mayor dureza y pérdida de cualidades tecnológicas como el fundido (McMahon et al., 2005; Pelivanoska,

2022), sin embargo, en los quesos tipo snack, no habría necesidad de conservar dicha cualidad tecnológica ya que el producto sería para un consumo inmediato.

Dado lo anterior, el presente estudio tiene por objetivo evaluar la viabilidad de un queso fresco de pasta hilada descremado y con controlado contenido de sodio tipo “snack”, a través de la consulta a expertos, identificación de gustos, preferencias y rechazos del posible consumidor, formulación y desarrollo del queso, y evaluación de su aceptación y descripción sensorial.

Materiales y métodos

Validación con expertos de la viabilidad de un queso de pasta hilada con controlado contenido de sodio

La validación fue realizada mediante 4 entrevistas semiestructuradas a tres compañías sobresalientes de la industria láctea en Colombia y a un experto del tema. El objetivo fue conocer la opinión general de los entrevistados con relación a la propuesta antes mencionada. Las entrevistas se realizaron a través de encuentros virtuales y presenciales. Se acordó mantener la confidencialidad de las compañías y el experto, por lo que solo se expondrán sus opiniones y comentarios acerca de la presente propuesta.

Encuestas de gustos y preferencias

Con el fin de identificar los gustos, preferencias y prácticas alimentarias relacionadas al consumo de lácteos del posible consumidor, se desarrolló un cuestionario virtual el cual indagaba por frecuencias de consumo de queso y snacks de paquete, sitios de compra, gustos y preferencias, y algunos datos socio-demográficos como género, estrato socio-económico y edad. El diligenciamiento del cuestionario fue voluntario y no hubo contribuciones por la respuesta al mismo.

El cuestionario se desarrolló mediante la herramienta gratuita de Google Apps “Formularios” y fue compartido solo a personas mayores de 18 años y menores de 65. Estuvo habilitado hasta alcanzar un número de respuestas mayor o igual a 200.

Formulación y elaboración del queso fresco hilado descremado con controlado contenido de sodio

Se utilizó leche pasteurizada descremada cuya composición se encuentra en el cuadro 2. Para la acidificación y precipitado de la leche se utilizaron cultivos lácticos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* y cuajo (renina) líquido. El procesamiento de la leche y la elaboración del queso fue realizado en el Centro de Estudios Avanzados en Nutrición y Alimentación de la Universidad CES (CESNUTRAL), ubicada en Medellín, Colombia.

Cuadro 2. Información nutricional de la leche utilizada

Macronutrientes (g/100 g)	
Grasa total	0,29
Grasa saturada	0,20
Carbohidratos	4,90
Proteína	3,20
Micronutrientes (mg/100 g)	
Sodio	45
Calcio	128
Hierro	0,37
Zinc	0,38

Fuente: elaboración propia (2025)

La elaboración del queso está descrita en la Figura 2. La formulación del queso fue la siguiente; 99,8 % leche, 0,1 % cuajo y 0,1 % cultivos lácticos (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*).

Tras fermentar la cuajada por 8 h a 40 °C se midió el pH con la ayuda de un potenciómetro digital portátil (HandyLab 100 – SI ANALYTICS). El hilado se realizó hasta que el queso fuera homogéneo y suficientemente elástico. Posteriormente se identificó el rendimiento del queso y se añadió la sal ligera en cantidades controladas para cumplir con la normatividad; <1mg sodio/kcal (Resolución 2492, 2022). La sal ligera fue esparcida en moldes de silicona con forma de barras alargadas en las cuales se depositaría el queso en 10 divisiones de 90 g. La sal fue medida en una balanza digital de bolsillo (Smart Weight SWS 100 – de 0,01 g de precisión).

Los moldes fueron tapados y refrigerados a 4 °C. Posteriormente fueron desmoldados y empacados al vacío en bolsas plásticas (calibre de 70 micras) y se refrigeraron a 4 °C. Por otro lado, la humedad fue medida en 2 momentos; 1) tras el desuerado por 4 horas y 2) posterior al hilado. Para esto se dispuso 1 g de queso en un recipiente de cerámica el cual fue deshidratado por 24 h a 50 °C (TDH 1000 – TORNADO). La humedad se obtuvo tras identificar la diferencia de entre el peso de la muestra inicial y el peso final (evaporación del contenido de agua).

Análisis de contenido de sodio natural del queso

Para posibilitar una formulación que cumpliera con los valores límites impuestos por la Resolución 2492 de, 2022, se evaluó el contenido de sodio natural de un queso hecho sin adición de ningún tipo de sal. Esto debido a que la proporción de sodio que permanece en el queso es un valor variable. Para dicho análisis se envió una muestra de 100 g de queso al “Centro de la Ciencia y la Investigación Farmacéutica – CECIF” (Sabaneta, Colombia), en donde se realizó la cuantificación de sodio mediante espectrofotometría de absorción atómica bajo los mé-

todos de la AOAC Internacional (Association of Official Analytical Chemists).

Análisis nutricional proximal

La composición nutricional del queso se proyectó con base a la retención de nutrientes promedio expresada por Walstra et al. (2005) en el libro “Dairy science and technology”, la información nutricional del rotulado de la leche usada, el sodio natural del queso y el sodio añadido. Se aplicaron las siguientes operaciones para la retención de nutrientes; retención del 90 % de la grasa, 73 % del total de proteínas de la leche, 77 % del calcio, 8 % del potasio y 6 % del magnesio.

El sodio equivalió al remanente de sodio identificado en el análisis por espectrofotometría más el sodio añadido. En cuanto a la lactosa el libro describe que su retención puede ser variable, y debido a los cultivos lácticos, esta puede ser transformada a ácido láctico en cantidades no controladas (Walstra et al., 2005). Se optó por dejar un 30 % de retención.

Finalmente, basados en un el etiquetado nutricional exigido por las resoluciones 810 del 2021 y 2492 del 2022, se recalcularon los datos para identificar el aporte nutricional de una porción de 30 g y de 100 g de producto.

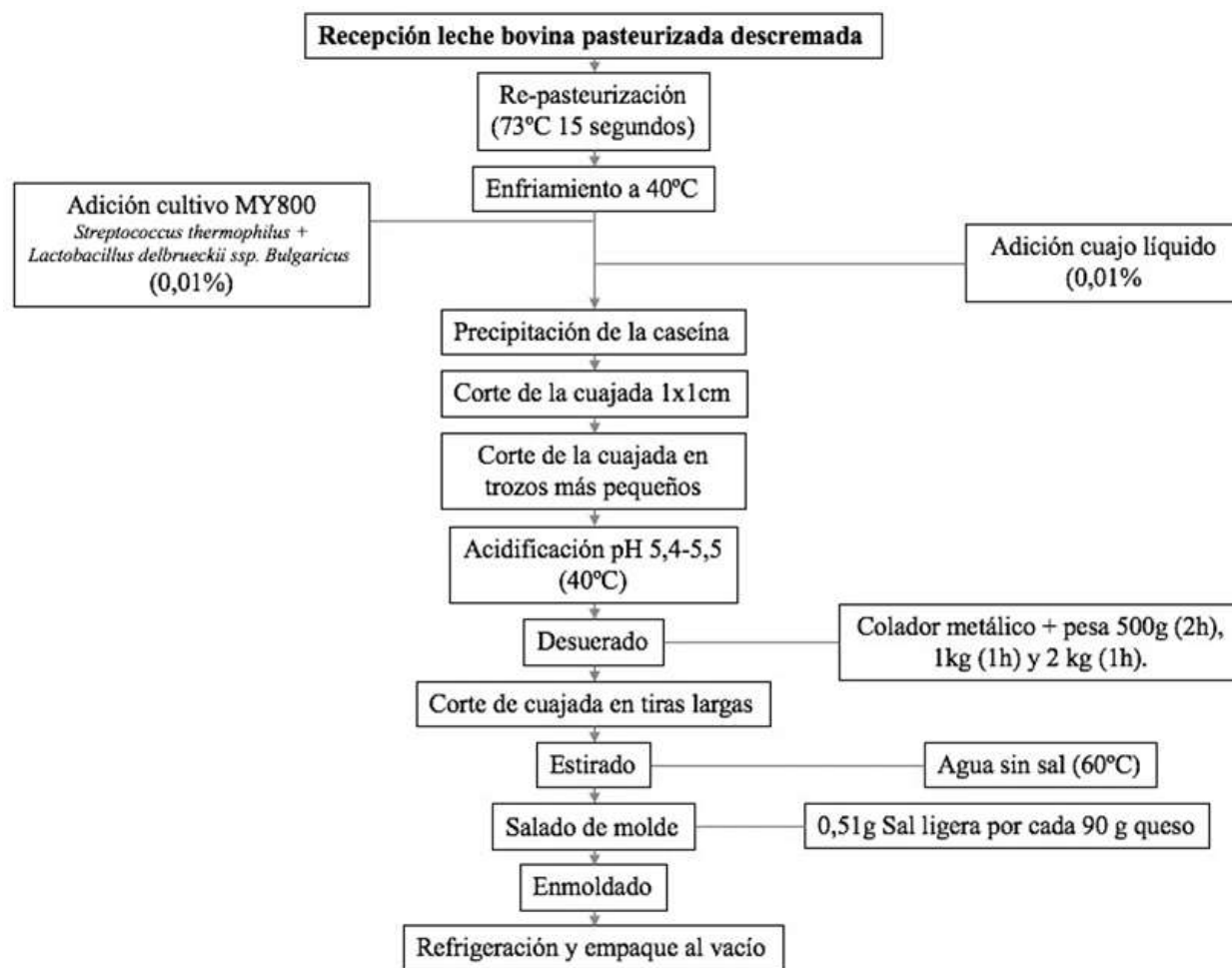


Figura 2 Flujograma de la elaboración del queso de pasta hilada

Fuente: elaboración propia

Análisis sensorial de aceptabilidad

Se realizó una prueba “Hedónica” de 5 puntos, siendo 1) “Me disgusta mucho”, 2) “Me disgusta”, 3) “Ni me gusta ni me disgusta”, 4) “Me gusta” y 5) “Me gusta mucho”, la cual fue realizada por 80 voluntarios (panelistas no entrenados), que no presentaran ningún criterio de exclusión y diligenciaran el consentimiento informado al momento de la prueba.

Los criterios de exclusión fueron: no poseer una edad entre 18 y 64 años, sospecha o diagnóstico de alergia a las proteínas de la leche de vaca, intolerancia o frecuente presencia de síntomas gastrointestinales tras consumir pequeñas cantidades de lactosa y/o presentar rechazo a la leche o derivados lácteos por cualquier otro motivo (personal o clínico). La prueba se realizó en las instalaciones de la Universidad CES (Medellín, Colombia).

Análisis sensorial descriptivo cuantitativo

El análisis descriptivo se realizó en la forma de “Perfil de libre elección”, buscando cuantificar la presencia o intensidad de los atributos: brillo, color blanco, color amarillo, dureza, suavidad, humedad, ácido, salado y amargo. Este análisis se caracteriza por no requerir panelistas estrictamente entrenados (Zuluaga Arroyave, 2017).

La prueba fue realizada por 30 individuos voluntarios que no presentaran ningún criterio de exclusión. Los criterios de exclusión fueron los mismos al análisis sensorial de aceptabilidad más: no poseer antecedentes o diagnóstico de daltonismo, hipogeusia, hiposmia o cualquier otro similar que afecte su percepción sensorial. El análisis se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad CES tras brindar una muestra de queso (aproximadamente 10 g) en sitios con adecuada iluminación.

Análisis estadístico

Los datos de ambos análisis sensoriales fueron recopilados en “Microsoft Excel” y posteriormente fueron analizados en el software “JAMOV” – Versión 2.3, en donde tras aplicar la prueba de normalidad “Shapiro-Wilk” a las variables cuantitativas, se identificó el tipo de distribución de las variables para determinar el uso de medias y desviación estándar (DS) o medianas y rangos intercuartiles (RIQ). Para las variables con distribución normal se realizó la prueba paramétrica “T student” y para las variables con una distribución no normal se utilizó la prueba no paramétrica “U de Mann Whitney”.

El presente estudio fue clasificado como un estudio sin riesgo para la población participe según la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, por el Comité Institucional de Ética en Investigación en Humanos de la Universidad CES en el acta 215 y código Ae-998. Lo anterior debido a que da cuenta de un proceso de innovación cuyo producto final es un desarrollar un prototipo alimentario.

Todos los participantes de las evaluaciones sensoriales diligenciaron un consentimiento informado en donde se registra que su participación es voluntaria, conocen los ingredientes y alérgenos del producto, entienden los objetivos de las evaluaciones y su derecho a retirarse en el momento en que lo deseen. También se les expresó que su participación no sería recompensada con ningún incentivo y que los datos obtenidos solo poseen fines académicos.

Solo los datos de aquellos que consumen queso de leche de vaca: 186 individuos (91,18 %) fueron tomados en cuenta para la resolución del total de preguntas del cuestionario (Ver el cuadro 3). La proporción de personas entre los diversos estratos socioeconómicos

no fue visto como un dato relevante al inicio del estudio, por lo que los datos provienen mayormente de participantes con estrato 3 y 4 (67,15 %).

Cuadro 3. Datos sociodemográficos de los participantes del cuestionario²

Variable	n (%)
Género	
Masculino	69 (33,8)
Femenino	135 (66,2)
Estrato	
1 y 2	17 (8,3)
3 y 4	137 (67,2)
5 y 6	50 (24,5)
Consumo de queso de leche de vaca	
Sí	186 (91,2)
No	18 (8,8)
Edad, mediana (IQR)*	32,0 (25,0–44,3)

¹ Prueba de shapiro Wilk.

Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos del cuestionario virtual.

Solo se tomaron los datos de aquellos que dijeron que “Sí” habían probado el queso de pasta hilada de leche de vaca¹. Valores de las variables expresados en frecuencias absolutas y frecuencias relativas² (ver en cuadro 4).

Resultados

Formulación y elaboración del queso fresco hilado descremado sin exceso de sodio

El rendimiento del queso tras el desuerado fue del 9,58 % y su pH fue de 5,4. La humedad del queso previo al hilado fue de 60,7 %. Posterior al hilado su humedad fue de 56,1 % por lo que el rendimiento final fue del 9,13 %.

Por otro lado, según el análisis de cuantificación de sodio mediante espectrofotometría de absorción atómica, el queso sin adición de sodio retuvo 18,9 mg de sodio por cada 100 g de queso (1,9 %), por consiguiente, se añadió 0,51 g de sal ligera a cada molde de 90 g para que así, una vez divididos en porciones de 30 g el queso aportara 46 mg netos de sodio y cumpliera con la normatividad de <1mg de sodio/kcal según la Resolución 2492 de 2022.

Análisis nutricional proximal

Desde el análisis nutricional aproximado, el queso cumpliría con los valores límite de nutrientes críticos expuestos en la resolución 2492 del 2022, por lo que sería un producto exento de sellos frontales de advertencia. Además, acorde a la resolución 810 del 2021 el queso podría declararse buena fuente de proteína y calcio. El aporte nutricional aproximado se encuentra expresado en la figura 4.

Información nutricional				
Tamaño por porción: 30g				
Porciones por envase: 1 porción				
Calorías (Kcal)	Por 100 g		Por porción	
	177		53	
	% VD [1]		% VD	
Grasa Total	2,8 g	4%	0,86 g	1%
Grasa saturada	1,8 g	0%	0,54 g	0%
Grasa monoinsaturada	0,70 g	-	0,21 g	-
Grasa poliinsaturada	0,07 g	-	0,00 g	-
Cholesterol	0,00 mg	0%	0,00 mg	0%
Grasa trans	0,00 mg	0%	0,00 mg	0%
Carbohidratos totales	15 g	5%	4,4 g	2%
Fibra dietaria	0,00 g	0%	0,00 g	0%
Azúcares totales	15 g	-	4,4 g	-
Az añadidos	0,00 g	-	4,4 g	0%
Proteína	23 g	46%	7,0 g	14%
Sodio	155 mg	8%	46 mg	2%
Calcio	974 mg	97%	292 mg	29%
No es fuente significativa de Hierro, vitamina A y Vitamina D.				

Figura 4 Etiquetado nutricional queso de pasta hilada descremado con controlado contenido de sodio.

Nota: % VD = porcentaje cubierto del valor diario recomendado. [1].

Fuente: el etiquetado fue adaptado de la resolución 810 del 2021 ya que legalmente dicha resolución no exige reportar cubrimiento del % del valor diario recomendado de los nutrientes.

Cuadro 4. Información alimentaria de posibles consumidores

1. Frecuencia consumo queso de leche de vaca		7. Nivel de importancia los alimentos de paquete sean bajos en sodio	
> 1 vez al día	22 (11,83)	Muy importante	76 (40,86)
Mínimo 1 vez/día	50 (26,88)	Importante	60 (32,26)
> 3 veces/semana	67 (36,02)	Poco importante	44 (23,66)
< 3 veces/semana	47 (25,27)	Nada importante	6 (3,23)
2. Lugar en donde suele comprar cualquier tipo de queso de leche de vaca		8. Frecuencia de revisión de etiquetado nutricional de los alimentos	
Tienda de barrio	36 (19,35)	Siempre	52 (27,96)
Supermercado	114 (61,29)	Muy seguido	41 (22,04)
Productor	4 (2,15)	A veces	51 (27,42)
Minimercado	30 (16,13)	Muy pocas veces	27 (14,52)
Cafetería institucional	2 (1,08)	Nunca	15 (8,06)
Máquina dispensadora	0 (0)		
3. Ha consumido queso de pasta hilada de leche de vaca		9. Ha consumido queso en forma de snack da paquete	
Sí	160 (86,02)	Sí	151 (81,18)
No	26 (13,98)	No	35 (18,82)
4. Agrado queso de pasta hilada de leche de vaca ¹		10. Frecuencia consumo snacks de paquete	
Le gusta mucho	87 (54,37)	> 1 vez al día	6 (3,23)
Le gusta	56 (35,0)	1 vez/día	28 (15,05)
No le gusta ni le disgusta	16 (10,0)	> 3 veces/semana	22 (11,83)
No le gusta	1 (0,63)	< 3 veces/semana	110 (59,14)
Le disgusta	0 (0)	Nunca	20 (10,75)
5. Nivel de importancia los lácteos sean deslactosados		11. Frecuencia compra snacks de paquete en máquinas dispensadora	
Muy importante	62 (33,33)	> 1 vez al día	0 (0)
Importante	53 (28,49)	1 vez/día	5 (2,69)
Poco importante	43 (23,12)	> 3 veces/semana	9 (4,84)
Nada importante	28 (15,05)	< 3 veces/semana	90 (48,39)
		Nunca	82 (44,09)
6. Nivel de importancia los lácteos sean descremados		12. Costo usual de snack de paquete	
Muy importante	46 (24,73)	1000 COP – 2000 COP	20(10,75)
Importante	52 (27,96)	2050 COP – 3000 COP	89(47,85)
Poco importante	60 (32,26)	3050 COP – 4950 COP	68(36,56)
Nada importante	28 (15,05)	Más de 5000 COP	9(4,84)
13. Probabilidad de comprar el queso propuesto en este artículo			
Muy probable	99(53,23)		
Probable	55(29,57)		
Poco probable	32(17,20)		

Valores de las variables expresados en frecuencias absolutas y frecuencias relativas.

¹Solo se tomaron los datos de aquellos que dijeron que “Sí” habían probado el queso de pasta hilada de leche de vaca.

Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos del cuestionario virtual³.

Análisis sensorial de aceptabilidad

Se obtuvieron 80 evaluaciones, hombres (n=24) y mujeres (n=56). Los resultados indicaron que el sabor fue el atributo con menor mediana (3,50), mientras para los demás atributos sus medianas fueron entre 4,00 y 5,00. Tras comparar las medianas entre ambos sexos solo hubo diferencias significativas ($p < 0,001$) en la aceptabilidad del color, indicando que el color tuvo mayor aceptabilidad en mujeres que en hombres. Los demás atributos no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) como lo muestra el cuadro 5.

Cuadro 5. Aceptabilidad según sexo

Atributos	Sexo	N	Mediana	Valor p
Apariencia	Femenino	56	5,00	0,253
	Masculino	24	4,00	
Color	Femenino	56	5,00	0,001
	Masculino	24	4,00	
Olor	Femenino	56	4,00	0,249
	Masculino	24	4,00	
Sabor	Femenino	56	3,00	0,199
	Masculino	24	4,00	
Textura	Femenino	56	4,00	0,664
	Masculino	24	4,00	

¹Ninguna variable distribuyó normal (Shapiro-Wilk $< 0,001$) por lo que se identificaron diferencias con la prueba U de Mann-Whitney.

²Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos de la evaluación sensorial.

También se compararon las medianas entre 2 grupos de edad; < 35 años (n= 68) y ≥ 35 años (n= 12). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las medianas de ambos grupos.

Análisis sensorial descriptivo cuantitativo

Se obtuvieron 30 evaluaciones (n=7) hombres y (n=23) mujeres. Los resultados arrojaron que queso presentó elevado brillo, color predominantemente beige, dureza media, humedad media, acidez moderada-baja y salado

y amargo muy bajos. Tras evaluar la intensidad de los atributos dados por hombres y mujeres solo se encontraron diferencias significativas en el color amarillo ($p=0,010$) ver cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis descriptivo cuantitativo según sexo

Atributos	Hombre (n=7)	Mujer (n=23)	Valor de P
Brillo (mediana) ¹	8,00	8,00	1,000
Color blanco (mediana)	7,00	8,00	0,315
Color amarillo (media) ²	5,00	2,83	0,010
Dureza (media)	5,00	5,35	0,708
Suavidad (mediana)	6,00	5,00	0,279
Humedad (mediana)	6,00	5,00	0,434
Ácido (media)	5,00	3,70	0,221
Salado (mediana)	2,00	2,00	0,706
Amargo (mediana)	1,00	2,00	0,940

Análisis mediante prueba “U de Man Whitney”¹.

Análisis mediante prueba “T Student”².

Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos de la evaluación sensorial.

Al realizar el análisis estadístico discriminando por grupos de edad < 35 años (n= 25) y ≥ 35 años (n= 5), no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las medias ni medianas.

Discusión

En concordancia con la opinión de los expertos, en Colombia, la demanda de productos saludables listos para el consumo está en aumento (Procomer, 2024). El consumidor busca productos bajos en grasa y azúcar, libres de aditivos y colorantes artificiales, orgánicos y con empaques amigables con el medio ambiente; además, el consumidor busca encontrar productos que le ahorren

tiempo de preparación (Ministerio de Comercio colombiano, 2024).

Los datos obtenidos en el cuestionario acerca de gustos, preferencias y prácticas alimentarias, son coherentes con lo expresado por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) (2021) en su análisis del sector lácteo en Colombia. Allí se evidencia que el consumo de lácteos en Colombia ha venido aumentando en promedio un 1,7 % cada año en la última década, pasando de 135 L/persona/año en 2010 a 158 L/persona/año en 2020. En cuanto al consumo del queso en general, los resultados concuerdan con la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) (2020), en donde se observa en los últimos años ha habido un mayor consumo de este, mientras el consumo de leche líquida ha disminuido en consecuencia a nuevas tendencias del mercado como lo son las bebidas vegetales (Minagricultura, 2020).

De los últimos años es poca la información disponible para describir las preferencias de la población colombiana en relación con el consumo de derivados lácteos, sin embargo, con base al cuestionario del presente estudio, para un 50 % de los encuestados es importante que los lácteos sean deslactosados y descremados, y para el 70 % es relevante los alimentos de paquete sean bajos en sodio.

A pesar de que la frecuencia de consumo de snacks de paquete en la población encuestada es baja, el 82,8 % de los participantes expresaron que es probable compren el producto propuesto, indicando la oferta de productos con menor contenido de nutrientes críticos e igual versatilidad es de interés para esta población. Además, el queso elaborado en el presente estudio está conformado por 4 ingredientes, por lo que no sería catalogado como un alimento UP según a la clasificación NOVA (C. Monteiro. et al., 2023), ni según la definición de alimento UP de la resolución 2492 del 2022.

Por otro lado, en Colombia, según el Decreto 616 del 2006, la leche descremada puede contener entre 0,1 y 0,5 % (m/v) de grasa. Es por esto la leche usada en la elaboración del queso presenta un aporte de 0,2 g de grasa saturada/100g. Según Walstra et al. (2005), la composición promedio de los lípidos en la leche es 69 % grasas saturadas y 29 % a mono y poliinsaturadas en conjunto, por lo que con dicha información se aproximó el valor de grasa total.

Según Gregory D. M. et al, (2002) la retención de nutrientes de la leche en el queso es del 75 % de la proteína, 94 % de la grasa y 6 % de la lactosa, sin embargo, se proyectó lo expresado por Walstra (2005) quien explica la retención proteica es de aproximadamente el 73 % debido a la hidrólisis de un 4-6 % de la caseína tras la aplicación de la enzima renina, lo cual, sumado al corte y recorte de la cuajada conlleva a una solubilización y posterior pérdida final de aproximadamente el 7 % de la misma. El mismo autor expresa que también, debido al corte y recorte de la cuajada, se solubiliza un 5-12 % del total de la grasa retenida (Walstra et al., 2005). En este estudio a pesar de tomar los valores menos favorables para realizar un análisis nutricional aproximado, se obtuvo un queso cuyo aporte de nutrientes críticos estuvo por debajo de los límites establecidos por la Resolución 2492 de 2022.

El rendimiento del queso fue del 9,13 %. Un rendimiento bajo en comparación a otros tipos de queso con mayor porcentaje de humedad (10-30 %), sin embargo, cuando se trata de un queso hilado, este debe estar lo suficientemente compacto para no deshacerse en el agua o salmuera en donde se hila. En los quesos hilados se puede disminuir la humedad hasta un 52 %, sin embargo, esto solo es viable cuando el contenido de grasa es mayor, de lo contrario el queso sería demasiado duro, quebradizo y arenoso (Walstra et al., 2005). El pH de 5,4 favoreció el hilado y

contribuyó a que el queso no fuera rechazado sensorialmente, sin embargo, debido al bajo contenido de sodio, la aceptabilidad del sabor no fue favorable. Similar a estudios previos, a pesar de usar sal ligera no se provocaron sabores metálicos o amargos (Chavhan et al., 2015; Cruz et al., 2011).

Los resultados obtenidos en el presente estudio podrían motivar a la industria láctea a desarrollar quesos tipo snack, carentes de excesivo contenido de sodio aplicando otras estrategias como lo es el uso de hierbas o especias, las cuales además de aportar aromas y sabores, aportan propiedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas y fibra (Akan et al., 2020; Akarca, 2016; El-Sayed & Youssef, 2019; Josipović et al., 2015).

Conclusiones

El desarrollo de un queso de pasta hilada descremado y con controlado contenido de sodio es viable en la medida que la población priorice mejores prácticas alimentarias y los productos saludables no posean un costo muy elevado. El consumo de lácteos en Colombia, y del queso en específico, refleja viabilidad para el desarrollo de productos derivados lácteos con mejor calidad nutricional.

Elaborar el queso propuesto no representa un reto técnico para la industria láctea. La aceptabilidad del sabor del producto no fue favorable al disminuir el contenido de sodio, sin embargo, todos los demás atributos fueron altamente aceptados. Se requiere de otras estrategias en donde se adicione otros ingredientes (ej. hierbas o especias), los cuales sean aplicables a los gustos alimentarios de la población colombiana y sean evaluados para identificar si hay una mayor aceptabilidad sensorial sobre los mismos.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Ciencias de la Nutrición y los Alimentos de la Universidad CES, Medellín-Antioquia, por el apoyo otorgado a lo largo de la realización de este trabajo.

Contribución de autoría

A.V.N., S.J.C. y V.G.M. participaron en la concepción y planificación del estudio. A.V.N., S.J.C. y V.G.M. supervisaron y evaluaron el desarrollo del estudio. A.V.N., S.J.C. se encargaron de la interpretación de los resultados. S.J.C. y V.G.M. fueron responsables de la redacción del manuscrito. A.V.N., S.J.C. y V.G.M. revisaron y realizaron modificaciones al manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final del documento.

Financiación

Los autores declaran que el estudio no recibió financiación alguna para su ejecución.

Conflicto de intereses

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

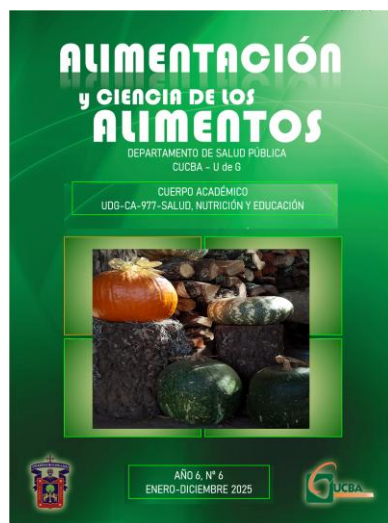
Referencias

- Akan, E., Yildiz Bayram, O., Demet Karaman, A., Kinik, O., & Yerlikaya, O. (2020). The influence of plant addition to some physicochemical, textural, microstructural, melting ability and sensory properties of Mozzarella cheese. *Mljekarstvo*, 70(4), 300-312. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0408>
- Akarca, G. (2016). The effects spicing on quality of mozzarella cheese. *Mljekarstvo*, 66(2), 112-121. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2016.0203>
- Cámara de Industria y Comercio Colombo-Alemana 15. (2022). *Derivados lácteos: Contexto, tendencias y oportunidades del mercado de los derivados lácteos en Antioquia* 2021. <https://ccoa.org.co/wp-content/uploads/2021/04/ESTUDIO-DE-TENDENCIAS-DERIVADOS-LACTEOS-2021.pdf>

- Chavhan, G. B., Kanawjia, S. K., Khetra, Y., & Puri, R. (2015). Effect of potassium-based emulsifying salts on sensory, textural, and functional attributes of low-sodium processed Mozzarella cheese. *Dairy Science & Technology*, 95(3), 265-278. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0207-0>
- Ciência do Leite. (2014). *Producción y productos lácteos—Tipos y características*. Ciência do Leite. <https://cienciadoleite.com.br/noticia/3192/produccion-y-productos-lacteos-tipos-y-caracteristicas>
- Cruz, A. G., Faria, J. A. F., Pollonio, M. A. R., Bolini, H. M. A., Celeghini, R. M. S., Granato, D., & Shah, N. P. (2011). Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 276-291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.003>
- Derechos de autor y depósito legal, No. 44, 1 30 (1993). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3429>
- Duncan, S. E. (1998). Dairy Products: The Next Generation. Altering the Image of Dairy Products Through Technology. *Journal of Dairy Science*, 81(4), 877-883. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75646-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75646-2)
- El-Sayed, S. M., & Youssef, A. M. (2019). Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon*, 5(6), e01989. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01989>
- Ferrão, L. L., Silva, E. B., Silva, H. L. A., Silva, R., Mollakhalili, N., Granato, D., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Padilha, M. C., Zacarchenco, P. B., Barbosa, M. I. M. J., Mortazavian, A. M., & Cruz, A. G. (2016). Strategies to develop healthier processed cheeses: Reduction of sodium and fat contents and use of prebiotics. *Food Research International*, 86, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.034>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Current Global Market Situation and Medium-Term Outlook* (No. Committee on Commodity Problems). Intergovernmental Group on Tea. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f912481a-3666-46e7-965e-30b227a19994/content>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper*. <https://doi.org/10.4060/cb2395en>
- Ghisays, M., & Aragón, M. (2021). *Estudio Prospectivo Colanta 2021* [Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario]. <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4233/AragonMeier-Margaret-2013.pdf?sequence=3>
- Gobierno de Colombia. (2015). *Encuesta Nacional de Situación Nutricional ENSIN 2015*. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Instituto Nacional de Salud, Universidad Nacional de Colombia. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional#ensin2>
- Gregory D., M., Jarvis, J. K., & McBean, L. D. (2002). *Handbook of dairy foods and nutrition*. CRC Press.
- Holmann, F., Rivas, L., Carulla, J., Rivera, B., Giraldo, L. A., Guzmán, S., Martínez, M., Medina, A., & Farrow, A. (2004). *Producción de Leche y su Relación con los Mercados: Caso Colombiano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/d2d1838b-ece7-4b3b-b73b-f4419461e1a6/content>
- Josipović, R., Medverec Knežević, Z., Frece, J., Markov, K., Kazazić, S., & Mrvčić, J. (2015). Nutrition Quality and Microbiological Safety of Novel Cottage Cheese. *Food Technology and Biotechnology*, 53. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.04.15.4029>
- Marangoni, F., Pellegrino, L., Verduci, E., Ghiselli, A., Bernabei, R., Calvani, R., Cetin, I., Giampietro, M., Perticone, F., Piretta, L., Giacco, R., La Vecchia, C., Brandi, M. L., Ballardini, D., Banderali, G., Bellentani, S., Canzone, G., Cricelli, C., Faggiano, P., ... Poli, A. (2019). Cow's Milk Consumption and Health: A Health Professional's Guide. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(3), 197-208. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1491016>
- Marino, M., Puppo, F., Del Bo', C., Vinelli, V., Riso, P., Porrini, M., & Martini, D. (2021). A Systematic Review of Worldwide Consumption of Ultra-Processed Foods: Findings and Criticisms. *Nutrients*, 13(8), 2778. <https://doi.org/10.3390/nu13082778>
- McMahon, D. J., Paulson, B., & Oberg, C. J. (2005). Influence of Calcium, pH, and Moisture on Protein Matrix Structure and Functionality in Direct-Acidified Nonfat Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science*, 88(11), 3754-3763. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73061-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73061-7)
- Minagricultura. (2019). *Cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines*. Dirección de

- Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/PlantasAromaticas/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Minagricultura. (2020). *Análisis situacional Cadena láctea*. UPRA. https://www.andi.com.co/Uploads/20200430_DT_AnalSitLecheLarga_AndreaGonzalez.pdf
- MinAgricultura. (2023). *Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Frutales Varios*. Agronet. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Ministerio de Comercio Colombiano. (2024). *Plan de negocios sector alimentos procesados. Colombia productiva*. <https://www.andi.com.co/Uploads/2020-07-08-Plan-AlimentosProcesados.pdf>
- Ministerio de Salud. (2004). *Norma técnica Colombiana 1419*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Monteiro., C., Cannon, G., & Levy, R. (2023). *NOVA classificação dos Alimentos*. <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-de-jatai/bromatologia/nova-classificacao-dos-alimentos/28332084>
- Monteiro, C., Cannon, G., & Moubarac, J.-C. (2014). World Nutrition Volume 5, Number 2, February 2014. *World Nutrition*, 5(2), 140-168. <https://worldnutritionjournal.org/index.php/wn/article/view/358/304>
- Monteiro, L. Z., Varela, A. R., Spinola, M. da S., Carneiro, M. de L. A., Oliveira, D. M. S. de, & Toledo, J. O. de. (2023). High prevalence of risk factors for non-communicable diseases in university students of a nursing course. *Cadernos Saúde Coletiva*, 31, e30040429. <https://doi.org/10.1590/1414-462X202230040429>
- Nagpal, R., Kumar, A., Kumar, M., Behare, P. V., Jain, S., & Yadav, H. (2012). Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: A review. *FEMS Microbiology Letters*, 334(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2012.02593.x>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Composición de la leche*. Portal Lácteo. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstream/2120f787-5a49-41f5-a9fb-f4ceaac98b2c/content>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Cáncer*. Organización Mundial de la Salud (OMS). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*. Organización Mundial de la Salud (OMS). [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: Ventas, fuentes, perfiles de nutrientes e implicaciones normativas*. OPS. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51523/9789275320327_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organization for Economic Co-operation and Development & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Dairy and dairy products. En Agricultural Outlook 2019-2028*. OECD/FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstream/2577ae88-f8de-4a5d-a931-4c4d6ba5aac3/content>
- Pelivanoska, D. (2022). Techniques for Making Cheese with Low Salt and Fat Content. *International Journal of Research and Review*, 9(7). <https://doi.org/10.52403/ijrr.2022076>
- Procomer. (2024). *Aumentó el consumo de alimentos saludables en Colombia*. LegisComex. <https://www.legiscomex.com/Documentos/aumento-consumo-alimentos-saludables-colombia-sep-21-16-16not>
- Resolución 810 de, Pub. L. No. 810 de (2021). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=113678>
- Resolución 2492 de, Pub. L. No. 2492 de (2022). <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/30045096>
- Saldivar, S. O. S. (2016). *Snack Foods: Types and Composition*. En *Encyclopedia of Food and Health*

- (pp. 13-18). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00633-4>
- Statista. (2024). *Food—Worldwide*. Statista Market Forecast. <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/worldwide>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2021). *Análisis del Sector Lácteo en Colombia: Evidencia para el periodo 2010—2020*. Grupo de Estudios Económicos. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032022/ES-SLC_Version-publica.pdf
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2005). *Dairy Science and Technology*. Taylor & Francis. <https://books.google.com.co/books?id=ynHLBQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A. D. D. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-10. <https://www.academia.edu/download/105931323/ijsrp-p2855.pdf>
- Zuluaga Arroyave, N. (2017). *El análisis sensorial de alimentos como herramienta para la caracterización y control de calidad de derivados lácteos* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/129b9cf4-c52a-43a1-8117-9406661cf6ea/content>



**Alimentación y
Ciencia de los Alimentos
Año 6, Nº 6,
enero-diciembre 2025**

Fotografía en portada:
Carolina Candelario Rito
"Colección de calabazas".

Diseño de portada:
Erwin Astorga

COMITÉ DE ARBITRAJE Año 6, Nº 6, enero-diciembre 2025

M.C. María Eugenia Vera Herrera Universidad Autónoma Metropolitana

M.C. Luis Alfonso Jiménez Ortega Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo

M.C. Briana Davahiva Gómez Ramírez Universidad de Antioquia

ISSN 3061-7499



3061-7499