

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

Mtra. Cinthya Araceli López López
Secretaria Académica

Dr. Ramón Rodríguez Macías
Secretario Administrativo

Dr. Jorge Galindo García
Director de la División de Ciencias Veterinarias

Dr. David Román Sánchez Chiprés
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: 08 de abril 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.

CONTENIDO

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

Presentación 2

Editorial 3

**Propiedades funcionales, aprovechamiento industrial y potenciales
usos de la zarzamora (*Rubus spp.*) sobre la salud humana 4**
Angélica Villarruel-López; Yair Adonái Sánchez-Nuño, Eleonor Estefany Herrejón-Vázquez;
Eduardo Eliezer Flores-García y César Orozco-Enríquez

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 22**
Yair Adonái Sánchez-Nuño; Angélica Villarruel-López

Artículo de Revisión

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 Adonái Sánchez-Nuño^{2*}, Eleonor Estefany Herrejón-Vázquez³; Eduardo Eliezer Flores-García⁴ y César Orozco-Enríquez⁵
<http://orcid.org/>

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 Adonái 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 caftarico	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 (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), 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-

idad 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.

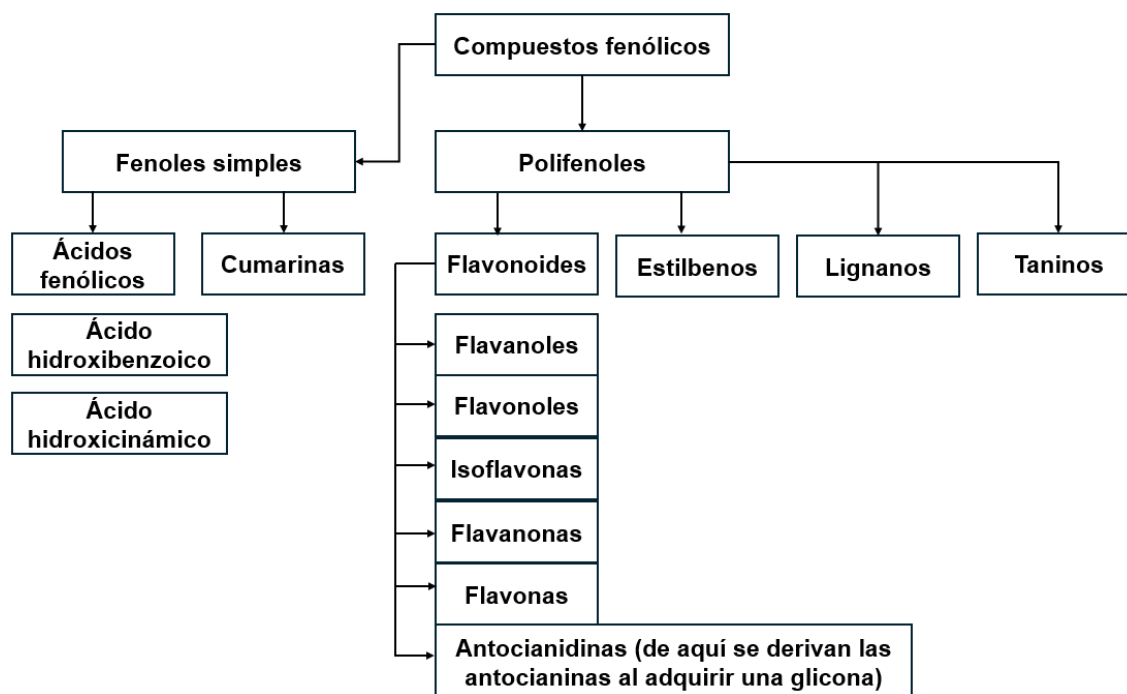


Figura 1. Diagrama de la clasificación de los compuestos fenólicos

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, nutritivos 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 nutritivas 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 nutracéuticos, 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., García, 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-Piñeiro, 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 té 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 tés 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 (colecalciferol), la cual en dosis de 400-800 UI (unidades internacionales) por día ha demostrado regular los niveles de colecalciferol 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 peróxido y alcóxido, 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., Randeve, 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.,

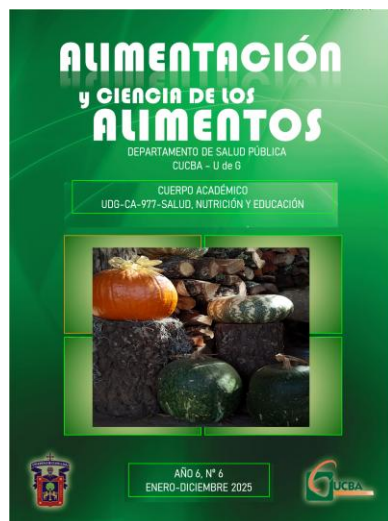
- Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3), 686. <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>
- Grochowicz, J., Fabisiak, A., & Ekielski, A. (2021). Importance of physical and functional 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., & Lehocski, 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>



**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

ISSN 2007-7076

