

Residuos alimenticios: fuente de componentes bioactivos para la elaboración de alimentos funcionales

Artículo de revisión narrativa

- Ramírez-Osorio, Laura Juliana¹
- Villarruel-López, Angélica²
- Villagrán, Zuamí³
- Anaya-Esparza, Luis Miguel^{4*}

Resumen

A pesar de los esfuerzos de la industria por prolongar la vida útil de los alimentos, gran cantidad de éstos formarán parte de los desperdicios alimenticios que generan pérdidas económicas y, a su vez, impactan de manera negativa en el medio ambiente. En este sentido, la revalorización de los residuos alimentarios provenientes del campo o de la industria de alimentos es una estrategia viable que favorece a la economía circular, ya que contienen componentes biológicamente activos que pueden ser utilizados como ingredientes o aditivos en la elaboración de alimentos funcionales.

El presente trabajo revisa el uso de los desechos alimenticios como fuente de componentes bioactivos y su aplicación en la elaboración de alimentos con potencial funcional. Dentro de los principales componentes bioactivos que se encuentran en los residuos alimentarios destacan los fitoquímicos (polifenoles, flavonoides, carotenoides y alcaloides), aceites esenciales, fibras solubles e insolubles y péptidos, además de vitaminas y minerales. Estos componentes han llamado la atención en los últimos años debido a sus efectos benéficos y al impacto positivo en la salud de los consumidores asociado directamente a su actividad biológica

1 Facultad de Ciencias para la Salud, Universidad Católica de Manizales, Programa de Bacteriología. Manizales, Caldas, Colombia.

2 Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Departamento de Farmacobiología. Guadalajara, Jalisco, México.

3 Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara, División de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias de la Salud. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

4 Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara, División de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Pecuarias y Agrícolas. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

* luis.aesparza@academicos.udg.mx



(antioxidante, antimicrobiana, inmunoestimulante, antihipertensiva, hipoglucemiante, hipocolesterolemian- te, antiinflamatoria, antitumoral y antitrombótica). Actualmente, la revalorización de los residuos alimen- tarios mediante la extracción de componentes bioacti- vos y su posterior uso en la elaboración de alimentos funcionales se sitúa como un área tecnológica e inno- vadora de investigación que contribuye a la salud de la población, la economía y al medio ambiente.

Palabras clave: industria agroalimentaria, componen- tes bioactivos, alimentos funcionales, revalorización, economía circular.

Abstract

Despite the industry's efforts to extend the shelf life of foods, a large amount of food waste is generated, contributing to economic losses and negatively im- pacting the environment. In this sense, the revalo- rization of food waste generated during harvest or industrial food processing is a viable strategy that po- sitively contributes to the circular economy, mainly because it contains biologically active components

that can be used as ingredients or additives in elabo- rating functional foods.

This work aimed to review the use of food waste as a source to obtain bioactive components and their application to develop foods with functional potential. The main bioactive components found in food waste include phytochemicals (polyphenols, flavonoids, ca- rotenoids, and alkaloids), essential oils, soluble and insoluble fibers, and peptides, as well as vitamins and minerals. These components have attracted atten- tion in the last years due to their biological activities (antioxidant, antimicrobial, immunostimulant, anti- hypertensive, hypoglycemic, hypocholesterolemic, anti-inflammatory, antitumor, and antithrombotic) and their beneficial effects on human health. Thus, the revalorization of food waste by extracting bioac- tive components and their subsequent use in elabora- ting functional foods is a technological and innovati- ve research area that contributes to the population's health, the economy, and the environment.

Keywords: agri-food industry, bioactive components, functional foods, revalorization, circular economy.

Introducción

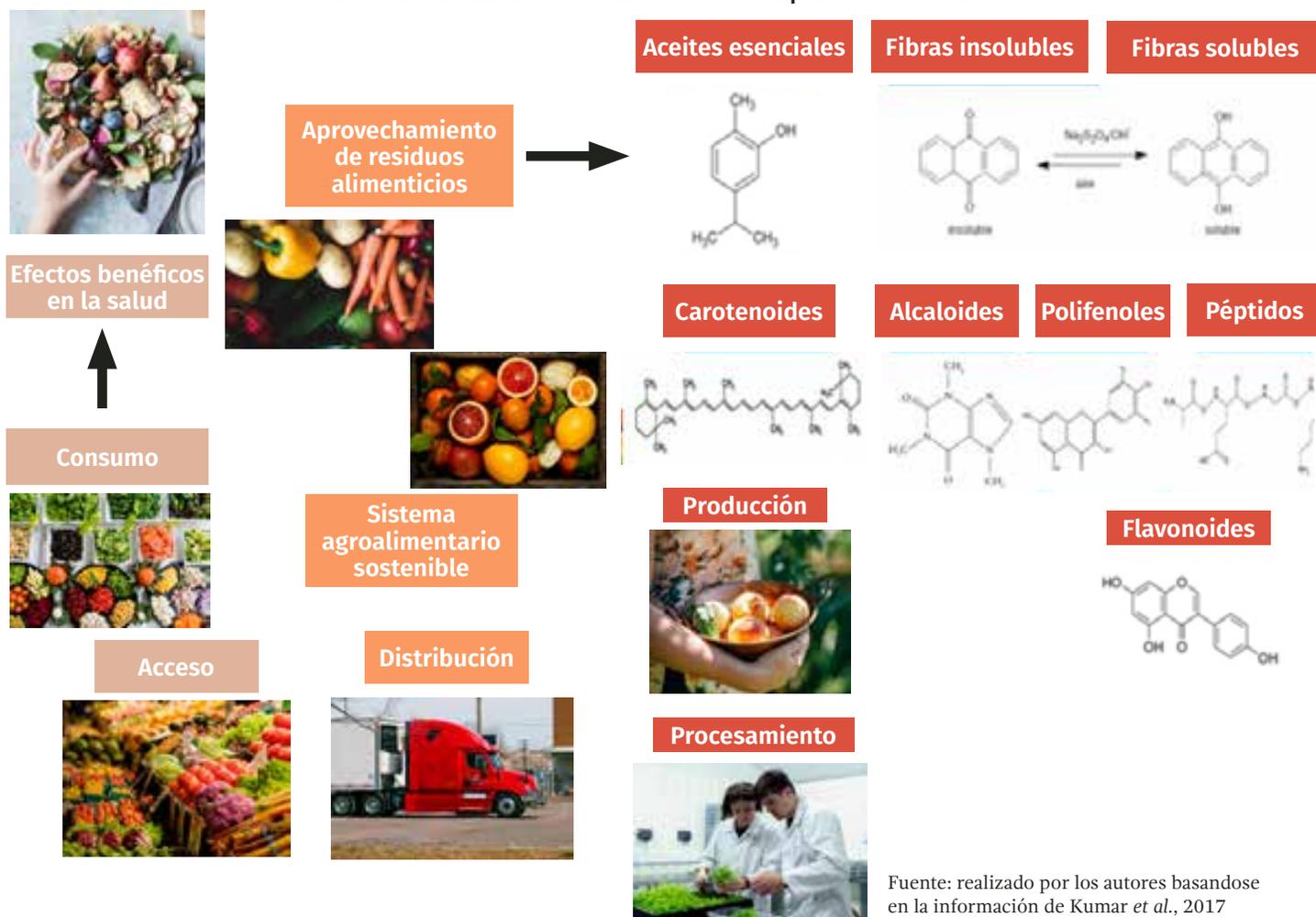
La demanda por productos alimenticios más salu- dables y seguros, desde frutas, verduras y cereales hasta alimentos procesados, ha incrementado consi- derablemente en los últimos años (Lu *et al.*, 2021). Los estudios epidemiológicos han demostrado consi- stentemente relación positiva entre el consumo de alimentos ricos en fitoquímicos y prebióticos, y la re- ducción de la tasa de mortalidad por enfermedades crónicas no transmisibles como obesidad, diabetes, hipertensión arterial, trastornos cardiovasculares y cáncer, además de otras enfermedades degenerativas (Chávez-Mendoza *et al.*, 2015).

En contraparte, el desperdicio de alimentos es un fenómeno mundial de creciente preocupación que constituye un problema serio para el medio ambiente y la economía de los productores de alimentos (Var- zakas, Zakyntinos & Verpoort, 2016). El término se refiere a los desechos orgánicos producidos durante la cosecha, procesamiento y distribución de productos

alimenticios, así como aquellos derivados de cocinas domésticas o comerciales (Tlais *et al.*, 2020). En los países industrializados, los alimentos se pierden cuan- do la producción supera la demanda (Gustavson *et al.*, 2011), mientras que, en países subdesarrollados, la falta de infraestructura o métodos de conservación y manipulación adecuados (Sagar *et al.*, 2018) ha pro- vocado que las pérdidas y desperdicios de alimentos incrementen significativamente cada año (desde el 30 hasta el 60%), lo que causa problemas tanto ambien- tales por la generación de fuentes innecesarias de gases de efecto invernadero, como económicos, debido a que se desaprovechan recursos que pueden ser desti- nados a mejorar la producción y seguridad alimenta- ria (Gustavson *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2017).

De acuerdo con la literatura, el desperdicio de ali- mentos puede superar los 126 millones de toneladas a nivel mundial a partir del año 2020, con incremen- tos significativos cada año, por lo que es importante

Figura 1. Esquema de un sistema agroalimentario sostenible: revalorización de residuos alimentarios como fuente de componentes bioactivos



Fuente: realizado por los autores basándose en la información de Kumar *et al.*, 2017

buscar estrategias que ayuden al aprovechamiento de los desechos alimentarios y contribuyan a mejorar la calidad del medio ambiente (Kumar *et al.*, 2017). Los residuos alimentarios se caracterizan por tener compuestos biológicamente activos (polifenoles, flavonoides, carotenoides y alcaloides, aceites esenciales, fibras solubles e insolubles y péptidos) que después de extraídos pueden ser utilizados como ingredientes o aditivos en la elaboración de alimentos con propiedades funcionales (Kumar *et al.*, 2017).

Los alimentos funcionales se definen como aquellos que tienen, de manera natural o por adición, componentes bioactivos como fitoquímicos (ej. compuestos fenólicos), prebióticos (ej. fibra) o probióticos (ej. lactobacilos) con propiedades benéficas para la salud de los consumidores, independientemente de las nu-

tricionales (Abdall *et al.*, 2017; Poljsal, Kovač & Milisav, 2021). El presente trabajo revisa el uso de los desechos alimentarios como fuente de componentes bioactivos y su aplicación en la elaboración de alimentos con potencial funcional.

Alimentos funcionales

La idea de producir alimentos con funcionalidades mejoradas mediante la incorporación de componentes bioactivos ha llevado a la academia y a la industria alimentaria a aumentar las actividades de investigación y desarrollo de *alimentos funcionales* (Galanajis, 2021). Esto sugiere que los cambios en el comportamiento dietético y el estilo de vida son una estrategia práctica para reducir la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles (Liu, 2013). Aunque no

existe una definición única a nivel mundial, los alimentos sólo pueden considerarse funcionales si, junto con el impacto nutricional básico, presentan efectos benéficos sobre funciones fisiológicas específicas en el organismo humano para mejorar la condición física y/o disminuir el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles (Konstantinidi & Koutlidakis, 2019).

La posibilidad de desarrollar tales alimentos se centra en emplear estrategias capaces de condicionar la presencia de determinados compuestos, ya sea limitando el contenido de aquéllos con implicaciones negativas (ej. alérgenos o irritantes) para la salud de los consumidores, o bien, incrementando la proporción de los que exhiben efectos benéficos (ej. fibra, polifenoles, flavonoides, carotenoides, vitaminas y minerales) (Jiménez-Colmenero, 2013). En este con-

texto, los residuos alimentarios constituyen una fuente importante de componentes bioactivos que pueden ser utilizados como ingredientes o aditivos para el desarrollo de alimentos funcionales (Kumar *et al.*, 2017), tal como se esquematiza en la Figura 1. Dentro de los principales grupos de componentes bioactivos obtenidos a partir de residuos alimentarios podemos encontrar fitoquímicos como los polifenoles, flavonoides o carotenoides, así como aceites esenciales, fibras solubles e insolubles y péptidos (ver Tabla 1).

Fitoquímicos

Se han reportado más de cinco mil compuestos fitoquímicos diferentes presentes en cereales, verduras y frutas (Samtiya *et al.*, 2021), pero aún se desconoce gran porcentaje de ellos (Abuajah, Ogbonna & Osuji, 2015). Estas sustancias químicas no nutritivas y de ori-

Tabla 1. Compuestos bioactivos obtenidos a partir de residuos alimenticios

Fuente	Componente bioactivo	Actividad biológica	Referencia
Subproductos de guanábana (cáscara, semillas, columela y pulpa)	Compuestos fenólicos	Antioxidante	Aguilera-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Subproductos de mango (pasta y cáscara)	β -caroteno	Antioxidante	Mercado-Mercado <i>et al.</i> , 2018
Residuos de café	Compuestos fenólicos y flavonoides	Antioxidante	Al-Dhabi, Ponmurugan & Maran, 2018
Subproductos de pollo y pescado	Péptidos a partir de hidrolizados proteicos	Antioxidante	Romero-Garay <i>et al.</i> , 2020
Residuos de cereales	Fibra soluble e insoluble	Previene la constipación	Román & Valencia, 2006
Té verde	Compuestos fenólicos	Neuroprotector	Kuriyama <i>et al.</i> , 2006
Chia (<i>Salvia hispanica</i>)	Fibra soluble e insoluble	Antihipertensivo	Vuksan <i>et al.</i> , 2006
Fresa	Compuestos fenólicos	Antiaterosclerótico	Basu <i>et al.</i> , 2010
<i>Matricaria chamomilla</i>	Aceite esencial	Antimicrobiano	Herman <i>et al.</i> , 2013

Fuente: Elaboración propia.

gen vegetal (Pattnaik *et al.*, 2021) muestran propiedades biológicas (Tabla 2) y aplicabilidad en la industria de alimentos debido a la variedad de productos que las contienen (Martínez, Camacho & Martínez, 2008). En este contexto, los compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) son el grupo de fitoquímicos más estudiado (Noce *et al.*, 2021). Normalmente, los compuestos fenólicos se introducen en la dieta humana a través del consumo de frutas rojas y moradas, en la manzana y cítricos en general, entre otros (Martínez, Camacho & Martínez, 2008). No obstante, este tipo de compuestos pueden ser extraídos a partir de residuos alimenticios vegetales, como subproductos de guanábana (cáscara, semillas, columela y pulpa) (Aguilera-Hernández *et al.*, 2019) y residuos de café (Al-Dhabi, Ponmurugan & Maran, 2018), por mencionar algunos. Asimismo, las actividades biológicas de los polifenoles son diversas (antiinflamatoria, antimicrobiana, hipoglucemiante y anticancerígena, entre otras), principalmente asociadas a las propiedades antioxidantes de los mismos (Martínez, Camacho & Martínez, 2008; Noce *et al.*, 2021; Erasmus, 2018).

La diversidad de colores que exhiben las frutas y alimentos de origen vegetal se debe a la presencia de compuestos fitoquímicos, principalmente a los carotenoides, los cuales son pigmentos responsables de los colores amarillos, naranjas y rojos (Mercado-Mercado *et al.*, 2018). En general, los carotenoides son compuestos sintetizados exclusivamente por algunas plantas y microorganismos, por lo que su presencia en el organismo humano se asocia a la ingesta de ciertos alimentos como cítricos, albaricoque, cerezas, ciruela amarilla, níspero, mango, papaya y melocotón (Jomova & Valko, 2013). Además, pueden ser extraídos de residuos del procesamiento de frutas, por ejemplo, a partir de subproductos de mango (pasta y cáscara) (Mercado-Mercado *et al.*, 2018). El α -caroteno, β -caroteno y la β -criptoxantina son compuestos precursores de vitamina A. Asimismo, se ha demostrado que el consumo de productos alimentarios ricos en carotenoides puede reducir el riesgo de padecer enfermedades degenerativas no transmisibles, incluyendo enfermedades cardiovasculares y oculares (cataratas y degeneración macular) (Mercado-Mercado *et al.*,

2018; Jomova & Valko, 2013), efectos atribuidos a la capacidad antioxidante de estos compuestos (Mercado-Mercado *et al.*, 2018).

Por su parte, los fitoesteroles son lípidos presentes en diversos alimentos (nueces, cacahuete, linaza, soya y maíz) cuyo consumo se asocia a la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, ya que ayudan a controlar los niveles de colesterol total y de baja densidad (LDL) en sangre (Valenzuela & Ronco, 2004). Finalmente, los tocoferoles y tocotrienoles son ampliamente reconocidos por su actividad antioxidante, principalmente en procesos de oxidación lipídica (Hall *et al.*, 2019).

Péptidos bioactivos

Los péptidos bioactivos son fragmentos proteicos específicos caracterizados por una secuencia corta de aminoácidos (normalmente de 2 a 20 residuos AA) que se obtienen a partir de la hidrólisis de proteínas y presentan un peso molecular <10 kDa (Atef & Mahdi, 2017). En general, estas cadenas cortas de aminoácidos son inactivas dentro de la secuencia de la proteína completa, pero pueden ejercer efectos positivos en las funciones fisiológicas de los consumidores tras la proteólisis (procesamiento o digestión de los alimentos). Los péptidos bioactivos pueden producirse a partir de diferentes fuentes de proteínas animales y vegetales, como sangre bovina, gelatina, carne, huevo, pescado, maíz, arroz, soja, calabaza, sorgo y amaranto (Romero Garay *et al.*, 2020; Kamal *et al.*, 2021), así como de subproductos de la industria de procesamiento de aves y peces (Romero Garay *et al.*, 2020). Dentro de las principales actividades biológicas de estos compuestos destacan sus propiedades antihipertensivas, antioxidantes y antiinflamatorias (Karami & Akbari-Adergani, 2019).

Prebióticos

En los últimos años, se han desarrollado diversos alimentos funcionales cuyo objetivo es la modulación de la microbiota gastrointestinal, entre los cuales se encuentran los prebióticos. Los prebióticos son componentes alimenticios (fibras y oligosacáridos) que se encuentran en productos como cereales, frutas y

Tabla 2. Efectos de diversos compuestos naturales sobre la salud humana

Fitoquímicos	Antitumoral	Antimicrobiano	Antitrombótico	Inmunoestimulante	Antihipertensivo
Flavonoles y antocianinas					
Estilbenos					
Isoflavonas					
Procianidinas					
Polifenoles					
Carotenoides					
Monoterpenos					
Glucosinolatos					
Sustancias aliáceas					

Fuente: Adaptada de Erasmus (2018).

verduras, y confieren beneficios a la salud del huésped (Kumar *et al.*, 2020; Arias *et al.*, 2018) al estimular de forma selectiva el crecimiento y/o actividad de bacterias intestinales, regular el tránsito intestinal y favorecer el equilibrio de la microbiota intestinal. Asimismo, prebióticos como los oligosacáridos, almidón resistente, inulina, lactulosa, pirodextrinas, alcoholes de azúcar, levanos y lactosacarosa se añaden a menudo a los alimentos con el objetivo de mejorar sus propiedades funcionales y brindar alternativas de consumo que mejoren el estado de salud de las personas o reduzcan el riesgo de padecer enfermedades crónico-degenerativas no transmisibles (Weaver, 2014). Por ejemplo, se ha reportado que el consumo de galletas enriquecidas con fibras de cereales previene la constipación intestinal (Román & Valencia, 2006).

Discusión

En general, los residuos o subproductos alimentarios siguen siendo ricos en azúcares, minerales, ácidos orgánicos, fibra dietética y compuestos bioactivos, como polifenoles y carotenoides (Salvin & Lloyd, 2012). Su composición, junto con el creciente interés por encontrar ingredientes naturales como alternativa a las sustancias sintéticas, los ha determinado como una fuente económicamente atractiva para la obtención de compuestos de alto valor biológico y aplicable en diferentes campos industriales, entre los que se encuentra el de alimentos (Barbulova, Colucci & Apone, 2015).

En este contexto, la biodisponibilidad de los diversos componentes bioactivos en los alimentos y bebidas es importante para que ejerzan efectos fisiológicos o beneficios para la salud a mediano y largo

Tabla 2. (Continuación) Efectos de diversos compuestos naturales sobre la salud humana

Fitoquímicos	Hipocolesterolemiantes	Hipoglucemiantes	Antiinflamatorio	Antioxidante
Flavonoles y antocianinas				
Estilbenos				
Isoflavonas				
Procianidinas				
Polifenoles				
Carotenoides				
Monoterpenos				
Glucosinolatos				
Sustancias aliáceas				

Fuente: Adaptada de Erasmus (2018).

plazo, aunque también pueden actuar modulando la microbiota intestinal (Serrano, López & Sainz, 2006). Además, la mayoría de los compuestos bioactivos (fitoquímicos y péptidos) extraídos de subproductos alimenticios presentan actividad antioxidante (Chaouch & Benvenuti, 2020), por lo que pudieran emplearse como agentes antioxidantes y antimicrobianos naturales y retardar el proceso de deterioro de los alimentos. Asimismo, los residuos alimenticios contienen compuestos volátiles que pueden ser utilizados como aromatizantes o saborizantes en diversos alimentos y bebidas, siendo una alternativa al uso de aditivos sintéticos (Peng *et al.*, 2020).

De acuerdo con la evidencia, los residuos alimenticios son fuente importante de componentes bioactivos, por lo que su aprovechamiento mediante la extracción de los componentes bioactivos contribuye a

la reducción de la contaminación ambiental y de las pérdidas económicas. Sin embargo, durante este proceso se debe tener en cuenta el manejo correcto de los componentes bioactivos para evitar su deterioro y así obtener mayor rendimiento de recuperación (Singh *et al.*, 2016).

En este contexto, los componentes bioactivos obtenidos a partir de residuos alimenticios pueden ser utilizados en el desarrollo de alimentos funcionales que brinden beneficios a la salud de los consumidores.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.



Referencias

- Abdall, M.U.E., Taher, M., Sanad, M. & Tradós, L.K. (2019). Chemical properties, phenolic profiles and antioxidant activities of pepper fruits. *J Agri Chem Biotechnol*, 10, 133-140. doi:10.21608/JACB.2019.53475.
- Abuajah, C.I., Ogbonna, A.C. & Osuji, C.M. (2015). Functional components and medicinal properties of food: a review. *J Food Sci Technol*, 52, 2522-2529. doi:10.1007/s13197-014-1396-5
- Aguilera-Hernández, G., García-Magaña, M.L., Vivar-Vera, M.A., Sáyago-Ayerdi, S.G., Sánchez-Burgos, J.A., Morales-Castro, J., Anaya-Esparza, L.M. & Montalvo-González, E. (2019). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Annona muricata* by-products and pulp. *Molecules*, 24, 904. doi:https://doi.org/10.3390/molecules24050904
- Al-Dhabi, N., Ponmurugan, K., Maran, P. (2018). Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrason Sonochem*, 34, 206-213. doi:10.1016/j.ultsonch.2016.05.005
- Arias, D., Montañó, L.N., Velasco, M.A. & Martínez, J. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Rev Tecnura*, 22, 55-68. doi:https://doi.org/10.14483/22487638.12178
- Atef, M. & Mahdi, S. (2017). Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish by-products: a review. *J Functional Foods*, 35, 673-681. doi:10.1016/j.jff.2017.06.034
- Barbulova, A., Colucci, G. & Apone, F. (2015). New trends in cosmetics: By-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients. *Cosmetics*, 2, 82-92. doi:10.3390/cosmetics2020082
- Basu, A., Du, M., Wilkinson, M., Simmons, B., Wu, M., Betts, N.M., Fu, D.X. & Lyons, T.J. (2010). Strawberries decrease atherosclerotic markers in subjects with metabolic syndrome. *Nutr Res*, 30, 462-469. doi:10.1016/j.nutres.2010.06.016
- Chaouch, M.A. & Benvenuti, S. (2020). The role of fruit by-products as bioactive compounds for intestinal health. *Foods*, 9, 1716. doi:10.3390/foods9111716

- Chávez-Mendoza, C., Sanchez, E., Muñoz-Marquez, E., Sida-Arreola, J.P. & Flores-Cordova, M.A. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. *Antioxidants*, 4:427-446. doi:10.3390/antiox4020427.
- Erasmus, Agencia Nacional Turca. (2018). *Aplicaciones de valorización de pérdidas de alimentos*. Erasmus, Agencia Nacional Turca.
- Galanakis, C.M. (2021). Functionality of food components and emerging technologies. *Foods*, 10, 128. doi:10.3390/foods10010128
- Gustavson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Otterdijk, R.V. & Meybeek, A. (2011). *Global food losses and food waste – extent, causes and prevention*. Food and Agriculture Organization of the United States (FAO).
- Hall, K.T., Buring, J.E., Mukamal, K.J., et al. (2019). COMT and alpha-tocopherol effects in cancer prevention: gene-supplement interactions in two randomized clinical trials. *J Natl Cancer Inst*, 111, 684-694. doi:10.1093/jnci/djy204
- Herman, A., Herman, A.P., Domagalska, B.W. & Mlynarczyk, A. (2013). Essential oils and herbal extracts as antimicrobial agents in cosmetic emulsion. *Indian J Microbiol*, 53, 232-237. doi:https://doi.org/10.1007/s12088-012-0329-0
- Jiménez-Colmenero, F. (2013). Emulsiones múltiples; compuestos bioactivos y alimentos funcionales. *Nutr Hosp*, 28, 1413-1421. doi:10.3305/nh.2013.28.5.6673
- Jomova, K. & Valko, M. (2013). Health protective effects of carotenoids and their interactions with other biological antioxidants. *Eur J Med Chem*, 70, 102-110. doi:10.1016/j.ejmech.2013.09.054
- Kamal, H., Mudgil, P., Bhaskar, B., Feyisola, A., Gan, C. & Maqsood, S. (2021). Amaranth proteins as potential source of bioactive peptides with enhanced inhibition of enzymatic markers linked with hypertension and diabetes. *J Cer Sci*, 103308. doi:10.1016/j.jcs.2021.103308
- Karami, Z. & Akbari-Adergani, B. (2019). Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides and their functional properties. *J Food Sci Technol*, 56(2), 535-547. doi:10.1007/s13197-018-3549-4
- Konstantinidi, M. & Koutelidakis, A.E. (2019). Functional foods and bioactive compounds: A review of its possible role on weight management and obesity's metabolic consequences. *Medicines*, 6, 94. doi:10.3390/medicines6030094
- Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., et al. (2020). Fruit and vegetable peels: utilization of high value horticultural waste in novel industrial applications. *Molecules*, 25, 2812. doi:10.3390/molecules25122812
- Kumar, K., Yadav, A.N., Kumar, V., Vyas, P. & Dhaliwal, H.S. (2017). Food waste: a potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresour Bioprocess*, 4, 2-14. doi:10.1186/s40643-017-0148-6
- Kuriyama, S., Hozawa, A., Ohmori, K., Shimazu, T., Matsui, T., Ebihara, S., Awata, S., Nagatomi, R., Arai, H. & Tsuji, I. (2006). Green tea consumption and cognitive function: A cross-sectional study from the Tsurugaya Project 1. *Am J Clin Nutr*, 83, 355-361. doi:10.1093/ajcn/83.2.355
- Liu, R.H. (2013). Dietary bioactive compounds and their health implications. *J Food Sci*, 78, A18-A25. doi:10.1111/1750-3841.12101.
- Lu, Y., Bao, T., Mo, J., Ni, J. & Chen, W. (2021). Research advances in bioactive components and health benefits of jujube (*Ziziphus jujube* Mill) fruit. *J Zhejiang Univ Sci B*, 22, 431-449. doi:10.1631/jzus.B2000594.
- Martínez, N., Camacho, M. & Martínez, J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Actividad Dietética*, 12, 64-68. doi:10.1016/S1138-0322(08)75623-2
- Mercado-Mercado, G., Montalvo-González, E., Sánchez-Burgos, J.A., Velázquez-Estrada, R.M., Álvarez-Parrilla, E., González-Aguilar, G.A. & Sáyago-Ayerdi, S.G. (2018). Optimization of β -carotene from "Ataulfo" mango (*Mangifera Indica* L.) by-products using ultrasound-assisted extraction. *Rev Mex Ing Quím*, 18, 1051-1061. doi:10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2019v18n3/Mercado
- Noce, A., Di Lauro, M., Di Daniele, F., et al. (2021). Natural bioactive compounds useful in clinical management of metabolic syndrome. *Nutrients*, 13, 630. doi:10.3390/nu13020630.
- Pattnaik, M., Pandey, P., Martin, G.J.O., Mishra, H.N. & Ashokkumar, M. (2021). Innovative technologies for extraction and microencapsulation of bioactives from

- plant-based food waste and their applications in functional food development. *Foods*, 10, 279. doi:10.3390/foods10020279.
- Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., *et al.* (2020). Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. *Food Sci Food Saf*, 19, 1908-1933. doi:10.1111/1541-4337.12565
- Poljsak, B., Kovač, V. & Milisav, I. (2021). Antioxidants, food processing and health. *Antioxidants*, 10(3), 433. doi:https://doi.org/10.3390/antiox10030433
- Román, M.M. & Valencia, G.F. (2006). Evaluación biológica de galletas con fibra de cereales como alimento funcional. *Vitae*, 53, 36-43.
- Romero-Garay, M.G., Martínez-Montaña, E., Hernández-Mendoza, A., Vallejo-Córdoba, B., González-Córdoba, A.F., Montalvo-González, E. & García-Magaña, M.L. (2020). *Bromelia karatas* and *Bromelia pinguin*: sources of plant proteases used for obtaining antioxidant hydrolysates from chicken and fish by products. *Appl Biol Chem*, 63, 2-11. doi:10.1186/s13765-020-00525-x
- Sagar, N.A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E.M. & Lobo, M.G. (2018). Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 17, 512-531. doi:10.1111/1541-4337.12330
- Samtiya, M., Aluko, R.E., Dhewa, T. & Moreno-Rojas, J.M. (2021). Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. *Foods*, 10, 839. doi:10.3390/foods10040839
- Serrano, M.E., López, M. & Sainz, T.R. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Rev Mex Cien Farm*, 37, 58-68.
- Singh, J.P., Kaur, A., Shevkani, K. & Singh, N. (2016). Composition, bioactive compounds and antioxidant activity of common Indian fruits and vegetables. *J Food Sci Technol*, 53, 4056-4066. doi:10.1007/s13197-016-2412-8
- Slavin, J.L. & Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr*, 3, 506-516. doi:10.3945/an.112.002154
- Tlais, A.Z.A., Fiorino, G.M., Polo, A., Filannino, P. & Di Cagno, R. (2020). High-value compounds in fruit, vegetable and cereal byproducts: An overview of potential sustainable reuse and exploitation. *Molecules*, 25, 2987. doi:10.3390/molecules25132987.
- Valenzuela, A. & Ronco, A.M. (2004). Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Rev. Chilena Nutr*, 31,161-169. doi:10.4067/S0717-75182004031100003
- Varzakas, T., Zakyntinos, G. & Verpoort, F. (2016). Plant food residues as a source of nutraceuticals and functional foods. *Foods*, 5, 88. doi:10.3390/foods5040088.
- Vuksan, V., Whitham, D., Sievenpiper, J.L., Jenkins, A.L., Rogovik, A.L., Bazinet, R.P., Vidgen, E. & Hanna, A. (2007). Supplementation of conventional therapy with the novel grain salba (*Salvia hispanica* L.) improves major and emerging cardiovascular risk factors in results of a randomized controlled trial. *Diabetes Care*, 30, 2804-2810. doi:10.2337/dc07-1144
- Weaver, C.M. (2014). Bioactive foods and ingredients for health. *Adv Nutr*, 5, 306S-311S. doi:10.3945/an.113.005124