



Resumen

En la actualidad, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales del sector alimentario fomenta la sostenibilidad y economía circular. Los residuos tradicionalmente manejados mediante incineración o vertederos contienen nutrientes valiosos como carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y compuestos bioactivos. El presente artículo tuvo como objetivo identificar las principales propiedades funcionales de los productos elaborados con residuos agroindustriales. La revisión sistemática se realizó mediante la metodología PRISMA, la cual cubrió información acerca de residuos de frutas, vegetales, cereales, bovino, ovino, aves, peces y de la industria láctea. Los residuos agroindustriales de frutas, como cáscaras y semillas, son ricos en fenoles. Los subproductos de bovinos y ovinos como los órganos internos presentan proteínas y colágeno, útiles en alimentos funcionales. Los residuos de pescado, principalmente la piel y vejiga natatoria, proporcionan gelatina rica en aminoácidos para la alimentación y farmacia. Los desechos avícolas, como patas y piel de pollo, son fuente de colágeno para gelatina comestible y aplicaciones industriales. Se concluye que estos residuos son una fuente rica de ingredientes funcionales, ofreciendo beneficios en la prevención de enfermedades crónicas y la promoción del bienestar general, además, de contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la innovación en la industria alimentaria.

Palabras clave

antioxidantes; compuestos bioactivos; fibra dietética; polifenoles; proteínas

Abstract

Using agro-industrial waste from the food sector promotes sustainability in the circular economy. Waste traditionally managed through incineration or landfills contains valuable nutrients such as carbohydrates, proteins, lipids, vitamins, and bioactive compounds. The aim of this article was to identify the main functional properties of products made with agro-industrial waste. The systematic review was carried out using the PRISMA methodology, which covered information about residues from fruits, vegetables, cereals, cattle, sheep, poultry, fish, and the dairy industry. Agro-industrial fruit waste, such as peels and seeds, is rich in phenols. Bovine and sheep by-products, such as internal organs, present proteins, and collagen, are useful in functional foods. Fish waste, mainly the skin and swim bladder, provides gelatin rich in amino acids for food and pharmacy. Poultry waste, such as chicken feet and skin, is a source of collagen for edible gelatin and industrial applications. These wastes are a rich source of functional ingredients, offering benefits in the prevention of chronic diseases and the promotion of general well-being, in addition to contributing to environmental sustainability and innovation in the food industry.

Keywords

antioxidants; bioactive compounds; dietary fiber; polyphenols; proteins

Direcciones

¹Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: danilovinocunga@gmail.com; fm.jimenezt@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia

Danilo Reni Vinocunga-Pillajo. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: danilovinocunga@gmail.com

Como citar

VINOCUNGA-PILLAJO, Danilo Reni and JIMÉNEZ TAMAYO, Fabiola Maribel, 2025. Análisis de las propiedades funcionales de productos a partir de subproductos agroindustriales: Revisión sistemática. Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología. 2025. Vol. 10, no. 1, p. 1–19. DOI 10.59410/RACYT-v10n01ep01-0153.

Editores Académicos

Segundo Valle-Ramirez
José Manuel Pais Chanfrau
Manuel Pérez Quintana

Editorial

Editorial de la Universidad Estatal
Amazónica 2024

Copyright:

Derechos de autor 2012 UEA | Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. Los autores del artículo autorizan a la RACYT, a que este artículo se destruya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

1. Introducción

En la actualidad, el aprovechamiento integral de residuos agroindustriales mediante su conversión en ingredientes funcionales para la industria alimentaria está fuertemente alineado con los paradigmas de la economía circular y la sostenibilidad (González y Pomar Fernández, 2021). Al darle valor agregado a estos residuos, se reducen significativamente los

desperdicios y el impacto ambiental asociado a la disposición final de estos en vertederos o incineradores (Preciado-Saldaña et al., 2022).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que anualmente se desperdician 1.3 mil millones de toneladas de alimentos a nivel global, generando aproximadamente 3.3 mil millones de toneladas de

gases de efecto invernadero (Vilas-Boas et al. 2023). Según una estimación, aproximadamente el 53 % del desperdicio mundial de los alimentos se origina en los hogares, siendo los principales responsables de la generación de desperdicios los países económicamente desarrollados (Oláh et al., 2022)

Transformar los residuos agroindustriales en ingredientes funcionales promueve la sostenibilidad al minimizar estas pérdidas y emisiones, lo que está directamente relacionado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12.3 que busca reducir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos per cápita en 2030. Asimismo, el aprovechamiento eficiente de estos residuos se alinea con el ODS 2 orientado a poner fin al hambre a través de la producción sostenible de alimentos (Smeu et al., 2022).

La FAO en el año 2013 distingue claramente entre los conceptos de “pérdida” y “desperdicio” de alimentos. Define la pérdida de alimentos como la disminución en cantidad o calidad de los alimentos originalmente destinados al consumo humano. Estas pérdidas se presentan en diversas fases de la cadena de suministro alimentaria, incluyendo la producción, manejo, almacenamiento y procesamiento. Por otro lado, el desperdicio de alimentos se refiere a los alimentos que se descartan debido a mal manejo o deterioro, ocurriendo mayoritariamente en las etapas de distribución y consumo de la cadena de suministro (Varghese et al., 2023).

En el contexto de la nutrición y la alimentación, el término propiedades funcionales hace referencia aquellas características de los alimentos que van más allá de su valor nutricional básico y que ejercen efectos fisiológicos específicos y positivos en el organismo humano (Grochowicz et al., 2021). Es decir, se trata de productos con ingredientes bioactivos con efectos fisiológicos positivos demostrados científicamente; incluyen productos como cereales enriquecidos, lácteos con probióticos, jugos con antioxidantes, entre otros (John y Singla, 2021).

Los productos agroindustriales son aquellos que se obtienen a partir de materias primas agrícolas y pecuarias, y que pueden tener propiedades beneficiosas para la salud (Cruz Negrete y Báez Valencia, 2018). Las propiedades funcionales de los productos agroindustriales pueden ser nutricionales, sensoriales y nutraceuticas (Rico y Martin, 2023). Estos efectos pueden incluir, por ejemplo, la mejora del sistema inmunológico, la reducción del riesgo de enfermedades crónicas y la promoción del bienestar general (Nwosu y Ubaaji, 2020).

Históricamente, los residuos de alimentos se han manejado principalmente mediante incineración o depositándolos en vertederos, lo que lleva a la

contaminación del aire, agua y suelo (Vargas Corredor y Pérez Pérez, 2018). Además, de los problemas anteriores se ha identificado que las emisiones anuales de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) debidas al desperdicio de alimentos en países como Finlandia constituyen más del 1% de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (Kaur et al., 2021).

Para mitigar estos impactos de los residuos alimentarios, la Unión Europea (UE) fomenta tanto la disminución del desperdicio de alimentos como la exploración de nuevos usos para los subproductos alimentarios (Szabo et al., 2022). Siguiendo estas directrices los residuos generados por los distintos sectores de la industria agroalimentaria, como los de vegetales, frutas, bebidas, azúcar, carne, y productos del mar, incluidos los mariscos, se consideran una fuente barata y valiosa de compuestos funcionales o bioactivos (Routray y Orsat, 2017).

Investigaciones, como la de Annegowda y Majumder (2021), han demostrado que los residuos vegetales y sus subproductos son ricos en metabolitos primarios (como carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas) y secundarios (incluyendo flavonoides, polifenoles, carotenoides), los cuales tienen potenciales beneficios terapéuticos actuando como antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos y protectores cardíacos. Fărcaș et al. (2022), por otro lado, mencionan que los residuos y subproductos de cereales son ricos en moléculas con propiedades antioxidantes, incluyendo compuestos fenólicos, proteínas, péptidos bioactivos, además de lípidos, fitoesteroles, betaglucanos, vitaminas y minerales. Otero et al. (2021) indican, en otro estudio, que la obtención de compuestos de alto valor añadido como tirosol, hidroxitirosol (HT), oleocantal, oleuropeína (OLE), ligstrosido y escualeno pueden ser obtenidos de los residuos de la producción olivífera. Por último, Madhamathanalli y Bangalore (2014), mencionan el alto índice de colágeno y su potencial en la obtención de gelatina a partir de subproductos de origen animal.

A pesar de la creciente atención brindada hacia los alimentos funcionales en los últimos años, la información disponible se encuentra dispersa en una amplia gama de investigaciones individuales. Esta falta de consolidación dificulta la identificación de los componentes funcionales en los residuos agroindustriales. En consecuencia, existe una necesidad imperante de sintetizar y analizar críticamente las propiedades funcionales en los residuos agroindustriales en la actualidad. La relevancia de abordar el análisis de productos agroindustriales con propiedades funcionales radica en las transformaciones que la industria alimentaria

ha experimentado en respuesta a las demandas crecientes y cambiantes de los consumidores.

La población actual busca productos o ingredientes que no solo satisfagan sus necesidades nutricionales básicas, sino que también aporten beneficios tangibles para la salud; es así, que la creciente conciencia sobre la prevención de enfermedades crónicas y la promoción del bienestar ha impulsado el interés en los alimentos funcionales. La comprensión integral de los alimentos funcionales existentes permite identificar vacíos y oportunidades para la innovación en este segmento dinámico de la industria alimenticia. Además, una mejor comprensión de estas propiedades funcionales favorece la creación de hábitos y políticas públicas para promover dietas más saludables para los consumidores.

El presente artículo tuvo como objetivo identificar las principales propiedades funcionales de los productos elaborados con residuos agrícolas, pecuarios y acuícola de la industria alimentaria.

2. Materiales y métodos

La metodología PRISMA comienza con la etapa de identificación, tal como se muestra en la **Figura 1**. Según Page et al. (2021), la primera etapa implica una búsqueda exhaustiva en bases de datos y otras fuentes para encontrar investigaciones potencialmente pertinentes. Posteriormente, se procede a la selección, donde se aplican criterios de inclusión y exclusión cuidadosamente definidos para elegir estudios que se alineen con la temática. La siguiente etapa, la elegibilidad, se enfoca en evaluar detalladamente los estudios preseleccionados para asegurar su relevancia y calidad. Finalmente, la etapa de inclusión integra en la revisión aquellos estudios que cumplen con todos los criterios establecidos, garantizando así que el análisis se base en información confiable y adecuada a los objetivos del estudio.



Figura 1 | Etapas de la metodología PRISMA. Adaptado de (Page, McKenzie, Bossuyt, Boutron, Hoffmann, Mulrow, Shamseer, Tetzlaff, Akl, Brennan, Chou, Glanville, Grimshaw, Hróbjartsson, Lalu, Li, Loder, Mayo-Wilson, McDonald, McGuinness, Stewart, Thomas, Tricco, Welch, Whiting y Moher 2021).

Para este estudio sobre alimentos funcionales, la búsqueda se realiza en repositorios de investigaciones como ScienceDirect, (<https://www.sciencedirect.com/>), National Library of Medicine (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), SciELO (<https://scielo.org/es/>) y MDPI journals (<https://www.mdpi.com/>).

Se emplean descriptores lógicos específicos para la búsqueda, adaptados al contexto de los alimentos funcionales y sus propiedades. En español, se utilizan términos como “alimentos funcionales”, “residuos agroindustriales” y “beneficios nutricionales”, mientras que en inglés se utilizan términos como “functional foods”, “agroindustrial waste”, “nutritional benefits” y “health impacts”.

La organización de la información en los resultados y discusiones se organizó en tres grupos; Residuos agroindustriales: Agrícolas (frutas, verduras y cereales), Pecuarios (ganado vacuno “leche”, ovino y aves de corral) y Acuícola (peces).

3. Resultados y discusión

3.1. Aplicación de la metodología PRISMA

La recopilación se inició a principios de agosto de 2023, resultando en un número significativo de artículos. Después de aplicar los filtros según el enfoque PRISMA, se procesaron 220 documentos (**Figura 2**). Durante la etapa de selección se descartaron aquellos documentos que carecían de autor identificable, así como artículos y libros no relacionados directamente con el tema. Se establecieron criterios de inclusión basados en la relevancia del artículo para el tema de los alimentos funcionales con relación al tema y se excluyeron aquellos fuera del rango de publicación entre 2007 y 2024. Este proceso resultó en una reducción de 40 artículos, quedando una base de 180 artículos.

En la tercera fase del proceso PRISMA, dedicada a la verificación de la elegibilidad de los documentos, se evaluó meticulosamente 180 artículos previamente seleccionados para el estudio de alimentos funcionales. Este proceso incluye un análisis detallado de títulos y resúmenes para determinar la relevancia de cada artículo en relación con aspectos clave como residuos agroindustriales con beneficios nutricionales, impacto en la salud y aplicaciones dietéticas de los alimentos funcionales. Se eliminaron los documentos duplicados para asegurar la diversidad de fuentes y se descartaron aquellos trabajos que no se alineaban directamente con el objetivo del estudio, como aquellos que no se centraban en los efectos específicos de ciertos alimentos funcionales. Tras este riguroso proceso de selección y eliminación se obtuvo 98 artículos que cumplían con todos los criterios de relevancia, actualidad y calidad metodológica.

En la última etapa de la metodología PRISMA, se eliminaron 19 documentos manteniendo una base de datos de 79 artículos. Este análisis profundo de cada artículo permitió construir un entendimiento detallado y matizado de la temática. Se identificaron tendencias emergentes y patrones, ofreciendo una

visión completa del estado actual de los alimentos funcionales. A partir de estos hallazgos, se generaron discusiones informadas que no solo reflejaron el conocimiento existente, sino que también señalaron áreas de incertidumbre y oportunidades para

investigaciones futuras. Esta fase contribuyó significativamente al cuerpo de conocimiento general sobre los alimentos funcionales, destacando sus diversas implicaciones y potencialidades.

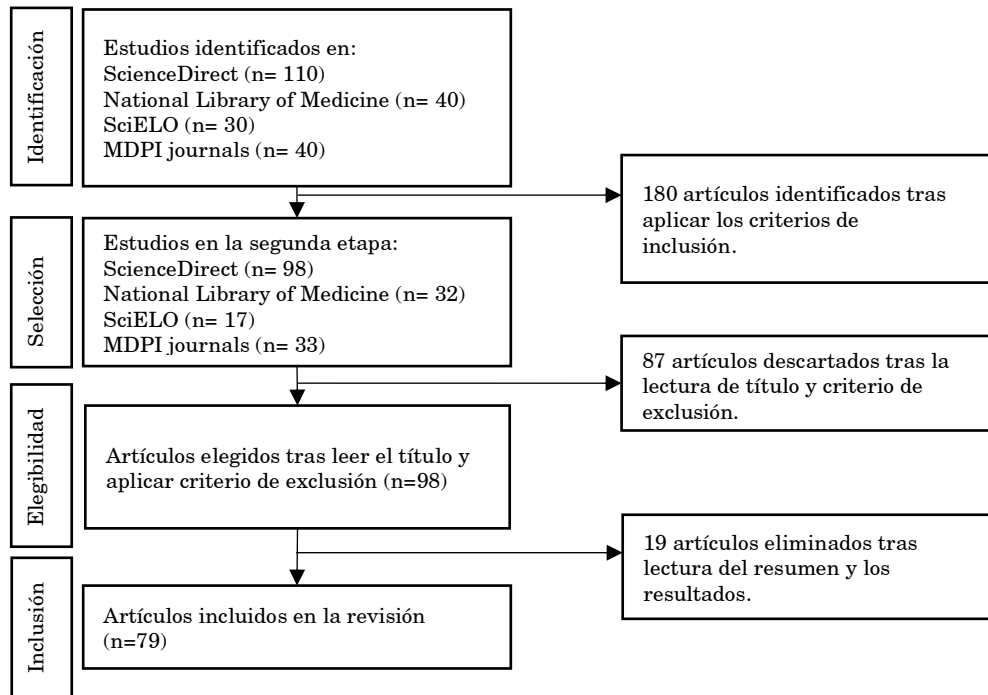


Figura 2 | Metodología PRISMA aplicada al estudio

3.2. Análisis del comportamiento de los artículos seleccionados

La revisión de la literatura sobre el aprovechamiento de residuos agroindustriales indica un interés creciente en la materia (**Figura 3**). Destaca el año 2023 con 16 publicaciones, seguido por 2021 con 14, mientras que 2022 reporta 7 artículos. El interés investigativo se incrementa a partir de 2017, con 5 publicaciones, y continúa en ascenso, con 2018 y 2020, presentando 10 y 6 artículos respectivamente. Entre 2010 y 2016, la producción científica se mantuvo estable con 2 artículos anuales. Los inicios del período de estudio, 2007 y 2008, registran únicamente una publicación cada uno. La ausencia de una tendencia lineal definida sugiere que el número de publicaciones por año no se ajusta a un modelo de regresión simple o predecible.

El incremento observado en el número de publicaciones durante 2023 es especialmente notable y puede estar influenciado por varios factores. Primero, la creciente conciencia ambiental y la necesidad de sostenibilidad han impulsado la investigación en la transformación de residuos agroindustriales en recursos valiosos. Segundo, los avances tecnológicos han facilitado la conversión de estos residuos en productos útiles, abriendo nuevas áreas de estudio.

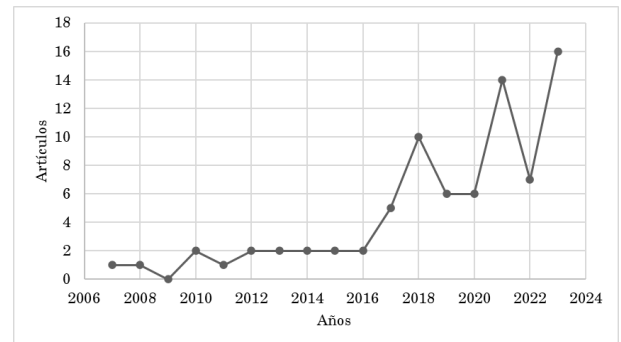


Figura 3 | Comportamiento en el tiempo de los artículos seleccionados.

Además, la demanda del mercado por productos ecológicos y sostenibles ha fomentado aún más este campo de investigación. Este patrón en la publicación científica refleja un reconocimiento creciente de la importancia de esta área de investigación, marcando un camino hacia un futuro más sostenible respecto a los residuos en la industria alimentaria.

3.3. Residuos agroindustriales agrícolas

Los residuos agrícolas se pueden dividir en residuos de campo y residuos de proceso. Los primeros se refieren aquellos que quedan en el campo tras la recolección de la cosecha, incluyendo elementos como hojas, tallos y vainas de semillas. Mientras que los residuos del proceso son desechos presentes incluso después que el

cultivo se procesa para convertirlo en un recurso valioso alternativo. Estos residuos consisten en melaza, cáscaras, bagazo, semillas, hojas, paja, tallo, pulpa, rastrojos y raíces (Sadh et al., 2018).

3.3.1. Residuos agroindustriales agrícolas

Según Naik et al. (2023), la utilización de residuos agrícolas ofrece beneficios significativos, siendo orgánicos y económicamente eficientes. Además, los residuos de frutas constituyen una rica fuente de nutrientes como de fibra, vitaminas, ácidos grasos, ácidos fenólicos, carotenoides, etc.

El residuo del aguacate, que incluye la cáscara, semilla y pulpa desgrasada, representa aproximadamente el 30-40% del peso del fruto. Estos residuos son ricos en compuestos bioactivos como fenoles, carotenoides, fitoesteroles y acetogeninas, por lo tanto, presenta un gran potencial para ser aprovechados en la industria de alimentos o farmacéutica (Del-Castillo-Llamosas et al. 2023). Salazar-López et al. (2020) analizaron los tipos, contenidos y posibles funciones de estos compuestos, y sugieren que con métodos adecuados de procesamiento se pueden obtener los máximos rendimientos, preservado la integridad de los compuestos de interés (**Tabla 1**).

Mientras, el residuo de mango, que consiste principalmente en la semilla, representa

aproximadamente el 20% del peso total del fruto. Torres-León et al. (2016) señalaron que la semilla de mango tiene alto contenido de compuestos bioactivos como fenoles, carotenoides, vitamina C y fibra dietética. Por ello, sugieren que, con un tratamiento adecuado para reducir los factores anti-nutricionales, la semilla puede usarse para producir harinas que se puedan incorporar en alimentos (**Tabla 1**).

El procesamiento de melón genera grandes cantidades de residuos como cáscara y semilla, que tienen mayor contenido de compuestos bioactivos que la pulpa. Gómez-García et al. (2020) mencionan que estos residuos son ricos en carotenoides, ácidos grasos, fenoles y otros compuestos, por lo que pueden usarse como ingredientes funcionales para desarrollar nuevos alimentos con propiedades beneficiosas para la salud (**Tabla 1**).

En cambio, el residuo de la cereza ácida, compuesto por el bagazo y la semilla, se genera en grandes cantidades durante la producción de jugo y otros procesos tecnológicos. Yılmaz et al. (2019) afirman que estos residuos tienen alto contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante, por lo que pueden usarse como fuente de ingredientes antioxidantes naturales para la industria alimentaria (**Tabla 1**).

Tabla 1 | Propiedades funcionales de subproductos de frutas

Fruta	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de producto	Referencia
Aguacate.	Cáscara, semilla, pulpa desgrasada.	Fenoles, carotenoides, fitoesteroles, acetogeninas.	Aceite, harina, extractos fenólicos, extractos de carotenoides.	(Salazar-López, Domínguez-Ávila, Yahia, Belmonte-Herrera, Wall-Medrano, Montalvo-González y González-Aguilar, 2020)
Mango.	Semilla.	Fenoles, carotenoides, vitamina C, fibra dietética.	Harina.	(Torres-León, Rojas, Contreras-Esquivel, Serna-Cock, Belmares-Cerda y Aguilar, 2016)
Melón.	Cáscara, semilla.	Carotenoides, ácidos grasos, fenoles.	Extractos de carotenoides, extractos fenólicos.	(Gómez-García, Campos, Aguilar, Madureira y Pintado, 2020)
Cereza ácida.	Bagazo, semilla.	Fenoles antioxidantes.	Extractos fenólicos.	(Yılmaz, Görgüç, Karaaslan, Vardin, Ersus Bilek, Uygun y Bircan, 2019)
Uva.	Orujo, semilla.	Antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos.	Colorantes, fibra dietética.	(Yu y Ahmedna, 2013)

Finalmente, el residuo de uva, que consiste en el orujo y la semilla, es rico en antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos y otros compuestos. Yu y Ahmedna (2013) indican que estos residuos pueden usarse como colorantes naturales, fuente de fibra dietética, antioxidantes y otros aditivos, evitando que se desperdicien (**Tabla 1**).

Salazar-López, Domínguez-Ávila, Yahia, Belmonte-Herrera, Wall-Medrano, Montalvo-González y González-Aguilar (2020) y Yılmaz, Görgüç, Karaaslan, Vardin, Ersus Bilek, Uygun y Bircan (2019) profundizan en los métodos de extracción de fenoles,

carotenoides, fitoesteroles y acetogeninas mediante solventes, fluidos supercríticos y ultrasonido para obtener compuestos enriquecidos a partir de los residuos de aguacate y cereza ácida. La extracción con los métodos anteriores debe compararse con tecnologías emergentes para determinar las técnicas y procesamiento óptimos para aprovechar al máximo el potencial de cada tipo de residuo en la innovación de alimentos funcionales. Además, es esencial considerar el impacto ambiental de estos métodos y su alineación con los principios de la química verde.

Torres-León, Rojas, Contreras-Esquivel, Serna-Cock, Belmares-Cerda y Aguilar (2016) y Yu y Ahmedna (2013), por otro lado, proponen usos más generales de los residuos de mango y uva, como la producción de harinas (fibra dietética) o aplicaciones como colorantes, sin enfocarse en la extracción de estos compuestos específicos. En cambio, Gómez-García, Campos, Aguilar, Madureira y Pintado (2020) se enfocan en describir el potencial de los residuos de melón en la industria alimentaria. Sin embargo, más allá de estos usos prácticos y generales que mencionan los anteriores autores, es esencial considerar la extracción y aprovechamiento de compuestos específicos para potencial aún más el uso de residuos de las frutas mencionadas.

3.3.2. Residuos agroindustriales de vegetales

Un aspecto destacado de los compuestos fenólicos en comparación con otros antioxidantes es su síntesis natural en las plantas, presentándose de manera abundante en vegetales y en sus subproductos como tallos, hojas, cáscara y semillas (Zárate-Martínez et al., 2021). Estos alimentos esenciales en la dieta diaria se consumen en cantidades significativas, convirtiendo a los compuestos fenólicos en uno de los antioxidantes más presentes en la alimentación humana, con una ingesta diaria que puede alcanzar hasta 1 gramo (Zeng et al., 2023).

De acuerdo con Betrouche et al. (2022), los residuos de tomate y linaza generados, durante el procesamiento de estos alimentos, representan una fuente importante de compuestos bioactivos que pueden aprovecharse. Al

Tabla 2 | Propiedades funcionales de subproductos de vegetales

Vegetal	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de producto	Referencia
Tomate y harina de linaza.	Cáscara, semillas.	Fibra dietética, proteínas, lípidos, polifenoles, tocoferoles.	Pasta enriquecida.	(Betrouche, Estivi, Colombo, Pasini, Benatallah, Brandolini e Hidalgo, 2022)
Tomate, cereal (salvado) y manzana.	Cáscara, semillas.	Polifenoles.	Extracto rico en polifenoles.	(Szabo, Mitrea, Călinoiu, Teleky, Martău, Plamada, Pascuta, Nemeş, Varvara y Vodnar, 2022)
Brócoli, alcachofa, maíz (salvado), uva.	Tallos, hojas, cáscara y semillas.	Fibra dietética, polifenoles.	Harina enriquecida	(Lucera, Costa, Marinelli, Saccotelli, Del Nobile y Conte, 2018)
Col de kimchi, col y cebolla.	Subproductos de los vegetales.	Lactato, monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos, ácido málico, ácido cítrico, polifenoles.	Medio de cultivo para <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> .	(Jeong, Kim, Lee, Yang y Park, 2023)

Los estudios de Betrouche, Estivi, Colombo, Pasini, Benatallah, Brandolini e Hidalgo (2022) y Lucera, Costa, Marinelli, Saccotelli, Del Nobile y Conte (2018) comparten el objetivo de enriquecer alimentos como pastas y el queso untable con residuos vegetales, logrando incrementar compuestos bioactivos como la fibra, los polifenoles y los tocoferoles en los productos finales. Sin embargo, Betrouche, Estivi, Colombo, Pasini, Benatallah, Brandolini e Hidalgo (2022) incorporaron directamente los residuos molidos en la formulación, mientras que, Lucera et al. (2018),

incorporar estos residuos molidos directamente en la masa de la pasta libre de gluten, en porcentajes entre el 10-15%, se logra enriquecer el producto final con fibra dietética, proteínas, lípidos y compuestos antioxidantes como polifenoles y tocoferoles (Tabla 2).

Por su parte, Szabo, Mitrea, Călinoiu, Teleky, Martău, Plamada, Pascuta, Nemeş, Varvara y Vodnar (2022) mencionaron que los residuos de tomate, manzana y cereales contienen una alta concentración de polifenoles, por lo que proponen su extracción utilizando tecnologías amigables con el medio ambiente como la extracción asistida con ultrasonido, y el empleo de fluidos supercríticos y enzimas, las cuales permiten romper eficientemente las paredes celulares y obtener extractos ricos en estos compuestos bioactivos (Tabla 2).

Asimismo, Lucera et al. (2018) plantearon el aprovechamiento de residuos cáscara de tomate, de uva, brócoli, alcachofa y salvado de maíz, al incorporar sus harinas obtenidas por secado y molienda en un 5% en quesos untables, logrando incrementar el contenido de fibra dietética y polifenoles (Tabla 2).

Por último, Jeong et al. (2023) realizaron un análisis sobre el uso de residuos vegetales como componentes en medios de cultivo para el *Lactiplantibacillus plantarum* WiKim0125, una cepa bacteriana aislada del kimchi (repollo chino fermentado). El estudio se centra en la utilización de desechos de col de kimchi y desechos de cebolla, secados y triturados, como suplementos en el caldo de cultivo (Tabla 2).

emplearon harinas obtenidas a partir de los residuos. Los métodos mencionados subrayan la versatilidad de los residuos vegetales como fortificantes alimentarios y abren un campo prometedor para futuras investigaciones. No obstante, es esencial evaluar la estabilidad de los nutrientes durante el procesamiento y la vida útil, así como el impacto de estas adiciones en las características organolépticas y la aceptación del consumidor.

Por otro lado, Szabo, Mitrea, Călinoiu, Teleky, Martău, Plamada, Pascuta, Nemeş, Varvara y Vodnar (2022) se enfocaron en la extracción de polifenoles antioxidantes de los residuos, mediante el uso de tecnologías verdes con mayor rendimiento que los métodos tradicionales. En contraste, Jeong, Kim, Lee, Yang y Park (2023) se enfocaron en el microorganismo *L. plantarum* que cultivado en residuos vegetales muestra una actividad antimicrobiana significativamente mayor contra patógenos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*. Estas propiedades mencionadas ofrecen beneficios potenciales en la alimentación humana como agente antimicrobiano y como modulador de la respuesta inmune. Estas características son especialmente relevantes para el desarrollo de alimentos fermentados y suplementos dietéticos que promuevan la salud y el bienestar, noción que es validada por Garnås (2023).

3.3.3. Residuos agroindustriales de la producción de aceites vegetales

Las industrias de aceites producen enormes cantidades de desechos después de la extracción de los lípidos en los vegetales/semillas, estos residuos se conocen como tortas de aceite y están constituidos por fibras y polifenoles. En consecuencia, estas industrias con sus subproductos causan contaminación del aire, el agua y los desechos sólidos porque los residuos contienen alta concentración de aceites, grasas, sólidos suspendidos y sólidos disueltos (Sadh, Duhan y Duhan, 2018).

Los estudios analizados exploran diversas facetas de la valorización de subproductos en la industria del aceite; por ejemplo, Romero et al. (2018) se concentran en analizar compuestos fenólicos y triterpenos obtenidos mediante técnicas de extracción por medios de una mezcla de dimetilsulfóxido (DMSO) y ácido síngico en subproductos de molinos de aceite de oliva en España (Tabla 3).

Tabla 3 | Propiedades funcionales de subproductos de la industria de aceite

Producto	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de producto	Referencia
Aceite de oliva.	Orujo y hojas de olivo.	Fenoles, Ácidos triterpénicos (incluyendo ácido maslínico).	Ingredientes para alimentos funcionales y nutracéuticos.	(Romero, Medina, Mateo y Brenes, 2018)
Aceite de oliva.	Orujo de oliva.	Extractos ricos en Polifenoles, Modulación del metabolismo y respuesta inflamatoria celular	Suplementos para la salud intestinal.	(Di Nunzio et al., 2018)
Aceite de onagra.	Torta de semillas de onagra.	Proteínas con mejor capacidad de retención de agua y aceite, solubilidad, propiedades emulsionantes y espumantes.	Proteínas funcionales para alimentación y farmacia.	(Hadidi et al., 2021)
Aceite variado (Almendra, Nuez, Granada, Uva).	Residuos prensados en frío.	Fibra dietética, Ácidos grasos poliinsaturados y monosaturados, Minerales (potasio, calcio, fósforo, magnesio), Compuestos volátiles (terpenos como limoneno).	Fuentes de fibra, ácidos grasos y minerales para alimentos enriquecidos.	(Karaman et al., 2015)

Por otro lado, Di Nunzio, Picone, Pasini, Caboni, Gianotti, Bordoni y Capozzi (2018), investigan los efectos de un extracto rico en polifenoles de subproductos de la industria del aceite de oliva en células intestinales. Además, Hadidi, Ibarz y Pouramin (2021), abordan la optimización de la extracción y deamidación de proteínas comestibles de subproductos del procesamiento del aceite de onagra (Tabla 3).

Finalmente, Karaman, Karasu, Tornuk, Toker, Geçgel, Sagdic, Ozcan y Gül (2015) determinan el contenido total de fenoles, flavonoides y taninos hidrolizables mediante métodos de extracción obtenidos del prensado en frío en la industria del aceite. Además, examinan las propiedades fisicoquímicas, bioactivas y antimicrobianas presentes en estos residuos (Tabla 3).

Los estudios de Romero, Medina, Mateo y Brenes (2018), Di Nunzio, Picone, Pasini, Caboni, Gianotti, Bordoni y Capozzi (2018), Hadidi, Ibarz y Pouramin (2021), y Karaman, Karasu, Tornuk, Toker, Geçgel,

Sagdic, Ozcan y Gül (2015) revelan la notable potencialidad de los fenoles y ácidos triterpénicos en los residuos de la producción de aceite. Los compuestos mencionados en la torta de aceite emergen como componentes con una alta capacidad antioxidante, esenciales en la mitigación del estrés oxidativo y, por ende, en la prevención de artritis, enfermedades cardiovasculares y envejecimiento prematuro (Sánchez-Rodríguez y Mesa, 2018).

Hadidi, Ibarz y Pouramin (2021) exploran proteínas modificadas en la torta de semillas de onagra, destacando su aplicabilidad en la mejora de las propiedades sensoriales de textura y estabilidad de los alimentos funcionales ofreciendo un beneficio a la textura y la estabilidad de los productos alimenticios. Este enfoque no solo extiende la vida útil de los productos alimenticios, sino que también optimiza la aceptabilidad por parte de los consumidores

Por otro lado, Karaman, Karasu, Tornuk, Toker, Geçgel, Sagdic, Ozcan y Gül (2015) identificaron un

alto contenido de fenoles y flavonoides en los residuos de almendra en relación con los otros coproductos analizado en su investigación. Este descubrimiento subraya el potencial de los desechos de almendra como un recurso valioso para la obtención de compuestos con alto valor antioxidante.

3.3.4. Residuos agroindustriales de la producción de cereales

El cultivo y procesamiento de cereales alimentarios representan un sector importante de la industria alimentaria. El arroz, el trigo, la cebada y el maíz constituyen más del 90% del consumo de cereales en el mundo (Akanbi et al., 2019). Sin embargo, el procesamiento de este producto genera cantidades importantes de subproductos que debido a su

Tabla 4 | Propiedades funcionales de subproductos de la industria de aceite

Tipo de cereal	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de producto	Referencia
Variados (avena, arroz, maíz y trigo).	Salvado y germen.	Mejora de compuestos bioactivos a través de la fermentación (vitaminas, minerales, antioxidantes).	Ingredientes enriquecidos para alimentos (panadería, lácteos).	(Verni, Rizzello y Coda, 2019)
Maíz, trigo, arroz.	Salvado.	Extracción de polifenoles (antioxidantes, antiinflamatorios).	Suplementos nutricionales y alimentos funcionales.	(Fărcaș, Drețcanu, Pop, Enaru, Socaci y Diaconeasa, 2021)
Avena.	Salvado de avena.	Ácidos fenólicos aumentados (antioxidantes, antimicrobianos).	Productos mejorados para salud intestinal y prevención de enfermedades.	(Alrahmany et al., 2013)
Arroz, trigo, avena, cebada, sorgo, mijo, centeno, maíz.	Salvado.	Enriquecimiento con nutrientes clave (fibras, antioxidantes).	Alimentos fortificados para control de diabetes y obesidad.	(Patel, 2015)

Fărcaș et al. (2021), por otro lado, se enfocaron en la extracción de polifenoles de salvados de maíz, trigo y arroz mediante métodos fisicoquímicos. Estos procesos resultan en la obtención de extractos ricos en compuestos antioxidantes con potenciales aplicaciones en suplementos nutricionales y funcionales (Hassan et al., 2021) (Tabla 4). Además, se ha identificado que la ingesta de polifenoles por parte del ser humano se destaca por sus propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, lo que sugiere un enfoque más orientado a la salud y la prevención de enfermedades, ideas que fueron validadas por Samid et al. (2023).

En cambio, Alrahmany, Avis y Tsopmo (2013) investigaron el tratamiento enzimático de salvado de avena, incrementando la disponibilidad de ácidos fenólicos solubles. Este proceso mejora la actividad antioxidante y antimicrobiana del salvado, lo que sugiere aplicaciones en productos para la salud intestinal y la prevención de enfermedades (Li et al. 2023). Esta técnica destaca por su especificidad en mejorar ciertos compuestos bioactivos, ofreciendo un enfoque más dirigido hacia aplicaciones en la nutrición.

Autores como Patel (2015) exploraron la fortificación de salvados de varios cereales con nutrientes claves,

composición química merecen ser reintegrados al sistema de bioeconomía circular de forma sostenible (Fărcaș, Socaci, Nemeș, Pop, Coldea, Fogarasi y Biriș-Dorhoi, 2022).

Verni et al. (2019) emplearon la fermentación para mejorar los compuestos bioactivos en salvado y germen de cereales variados, logrando enriquecer los ingredientes para la producción de alimentos que contienen cereales en panaderías y productos lácteos. Estos procesos biotecnológicos potencian las propiedades nutricionales y funcionales de los alimentos con el empleo de estos subproductos, especialmente por la presencia de vitaminas y compuestos antioxidantes, mostrando una aplicación directa en la industria alimentaria (Tabla 4).

como fibras y antioxidantes, orientando el producto final hacia el control de la diabetes y la obesidad. Los nutrientes anteriormente mencionados resaltan el papel de los alimentos fortificados en la gestión de enfermedades metabólicas, además, estas aplicaciones se encuentran en concordancia con los hábitos de los prebióticos en la actualidad.

Realizando comparaciones, Verni, Rizzello y Coda (2019) y Patel (2015), se enfocaron en la mejora y fortificación nutricional a través de procesos de fermentación y enriquecimiento; mientras que, Fărcaș, Drețcanu, Pop, Enaru, Socaci y Diaconeasa (2021) y Alrahmany, Avis y Tsopmo (2013), se encaminaron más en la extracción y aumento de compuestos específicos, como polifenoles y ácidos fenólicos, mediante métodos químicos, físicos y enzimáticos.

Estas diferencias en procesos y resultados subrayan la diversidad de aplicaciones potenciales de los subproductos de cereales, desde mejoras nutricionales hasta aplicaciones específicas en la salud y la prevención de enfermedades.

3.4. Residuos agroindustriales pecuarios

3.4.1. Residuos de la industria láctea

A nivel mundial se producen cada año aproximadamente entre 4 y 11 millones de toneladas de residuos lácteos sólidos y líquidos (Chaudhary et al., 2023). Siendo la producción de queso la principal responsable de generar cantidades significativas de subproductos como el lacto suero (Ziara et al., 2018). Este residuo contiene 90 % de proteínas y entre 4, 6 % de agua y el 4-6 % restante es una combinación de grasa, lactosa y ceniza (Foegeding et al., 2011), esta constitución representa un gran potencial de aprovechamiento orientado en la economía circular.

En el contexto de las aplicaciones industriales y terapéuticas para la salud humana, los estudios revisados revelan un notable potencial (Tabla 5). Por ejemplo, Rico-Rodriguez et al. (2021), producen galacto-oligosacáridos (GOS) aprovechando la lactosa presente en el suero de queso. Este proceso se lleva a cabo a través de la transgalactosilación enzimática, una reacción catalizada por la enzima β -galactosidasa. Durante este proceso, la lactosa se convierte en GOS, son conocidos por sus efectos prebióticos, favoreciendo una microbiota intestinal saludable y, por lo tanto, mejoran la salud digestiva y potencialmente fortaleciendo el sistema inmunológico.

Tabla 5 | Subproductos de la industria láctea con propiedades funcionales

Tipo de producto lácteo	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de producto que se desarrolla con el residuo	Referencia
Queso.	Suero de queso (subproducto líquido rico en lactosa y minerales).	GOS (prebióticos derivados de lactosa).	Análisis y producción de GOS.	(Rico-Rodriguez, Strani, Grassi, Lancheros, Serrato y Casiraghi, 2021)
Chhana (queso fresco).	Suero de Chhana (subproducto líquido de la producción de Chhana).	Cultivos de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (bacterias probióticas).	Bebida fermentada.	(Begum, Islam, Siddiki, Habib y Harun-ur-Rashid, 2019)
Leche (vaca, oveja, cabra).	Concentrado de proteína de suero (WPC) de leche de vaca, oveja y cabra.	Antioxidantes naturales y aminoácidos esenciales.	Bebida probiótica.	(Dinkçi, Akdeniz y Akalın, 2023)
Queso.	Permeado de suero (efluente líquido con alto contenido de lactosa).	Pineno (metabolito secundario de las plantas con aplicaciones industriales).	Producción de pineno.	(Risner, Marco, Pace y Spang, 2020)

Es importante mencionar que aunque los procesos de producción varían (desde técnicas de fermentación hasta ingeniería microbiana), todos los estudios resaltaron la importancia de aprovechar el lacto suero por características nutricionales para generar nuevos productos con mayor valor añadido, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia de la industria láctea.

3.4.2. Subproductos de la industria cárnica

El proceso de sacrificio animal se centra primordialmente en la obtención de carne, considerándola el producto principal, mientras que otros elementos derivados, conocidos como despojos, se clasifican como subproductos (Alao et al., 2017). Estos subproductos se dividen en dos categorías: aquellos

Las bebidas probióticas, mediante la fermentación a base de suero de Chhana, investigadas por Begum et al. (2019), en los que se incorporaron cultivos de *Lactobacillus acidophilus*, ofrecen beneficios similares a los expuestos por Rico-Rodriguez, Strani, Grassi, Lancheros, Serrato y Casiraghi (2021) en la salud gastrointestinal, además de contribuir a un mejor equilibrio de la flora intestinal.

En el caso de las bebidas probióticas a base de suero de leche de vaca, oveja y cabra, enriquecidas con polvo de kiwi desarrolladas por Dinkçi et al. (2023), la inclusión de antioxidantes naturales y aminoácidos esenciales tienen un impacto positivo en la prevención de enfermedades crónicas y el mantenimiento de una buena salud metabólica.

Por último, el pineno producido a partir del permeado de suero en el estudio realizado por Risner et al. (2020), tiene potencial en aplicaciones terapéuticas, como en el tratamiento de trastornos cognitivos y con efectos antiinflamatorios, además de su uso en la industria de fragancias y sabores.

que son comestibles y los que no lo son (López Ramírez y García Cáceres, 2020).

Según Bhaskar et al. (2007), los subproductos representan entre un 60% y un 70% del peso total del animal sacrificado, con casi un 40% de estos, siendo comestibles y aproximadamente un 20%, no comestibles.

Algunos subproductos son considerados comestibles en numerosos países en vías de desarrollo y se utilizan comúnmente para hacer embutidos. En cuanto al aporte proteico, las proteínas derivadas de los subproductos de la industria cárnica constituyen más de un octavo del total de proteínas presentes en la carne magra (Drummond et al., 2019).

3.4.2.1. Residuos de los ganados vacuno y ovino

Las investigaciones de Bhaskar, Modi, Govindaraju, Radha y Lalitha (2007), Banerjee y Shanthi (2012), Darine et al. (2010) y Shirsath y Henchion (2021) destacaron el potencial de los subproductos cárnicos en la salud humana (Tabla 6).

Bhaskar, Modi, Govindaraju, Radha y Lalitha (2007) enfatizaron la producción de hidrolizados de proteína a partir de la masa visceral de las ovejas, ricas en aminoácidos esenciales para el crecimiento y la reparación muscular como la lisina, leucina y valina (Tabla 6).

Tabla 6 | Residuos de ovinos y bovinas con propiedades funcionales

Tipo de Carne	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de producto desarrollado	Referencia
Ovina.	Masa visceral de oveja.	Proteína hidrolizada.	Suplemento nutricional en polvo.	(Bhaskar, Modi, Govindaraju, Radha y Lalitha, 2007)
Vacuno.	Colágeno del tendón de Aquiles.	Péptidos con inhibición de ACE.	Inhibidores naturales para hipertensión.	(Banerjee y Shanthi, 2012)
Vacuno.	Pulmones.	Concentrados de proteína de pulmón.	Ingredientes funcionales para alimentos.	(Darine, Christophe y Gholamreza, 2010)
Vacuno y Ovina.	Órganos internos (hígado, riñones, corazón), huesos, sangre, piel, tendones y grasa.	Colágenos, concentrados de proteínas.	Snacks ricos en proteínas, y alimentos fortificados.	(Shirsath y Henchion, 2021)

Por otra parte, Banerjee y Shanthi (2012), identificaron péptidos en el colágeno del tendón de Aquiles bovino con capacidad para inhibir la esterasa de acetil colina (ACE), crucial en la regulación de la presión arterial, proponiendo un papel potencial en el manejo de la hipertensión (Dong et al., 2023) (Tabla 6).

En cambio, Darine, Christophe y Gholamreza (2010), se enfocan en las proteínas extraídas de los pulmones del ganado vacuno, que pueden ser empleados como emulsionantes o agentes espumantes en alimentos procesados, mejorando la textura y conservación de productos como carnes procesadas y productos horneados (Tabla 6). Este tipo de innovación es crucial para la industria de carnes procesadas y productos horneados, donde la textura y la vida útil son parámetros de calidad esenciales. Además, incitaba la dependencia de aditivos sintéticos.

Finalmente, Shirsath y Henchion (2021), exploraron la aplicación de subproductos cárnicos en la creación de una variedad de productos alimenticios, como snacks ricos en proteínas, y suplementos nutricionales, incluyendo pastillas y polvos ricos en nutrientes. Este enfoque es particularmente relevante en un mercado donde los consumidores son cada vez más conscientes

de lo que comen y demandan alimentos que apoyen un estilo de vida activo y saludable.

3.4.2.1. Residuos de los ganados vacuno y ovino

La industria avícola ocupa un lugar preponderante en el mercado global de carnes, situándose tan solo detrás de la porcina en términos de consumo. Es así, que la preferencia por la carne de ave se debe, en parte, a su ciclo de producción más corto en comparación con las carnes de mamíferos. Esto permite que las aves estén listas para el sacrificio en un periodo de tiempo menor, lo que, a su vez, puede satisfacer la demanda del mercado de manera más rápida y eficiente (Carvalho et al., 2017). Entre los subproductos después del faenamiento de las aves se encuentran vísceras, cabezas y patas.

Realizando una revisión literaria de los residuos de la producción avícolas se encontró estudios como, por ejemplo, los realizados por Chakka et al. (2017), los cuales investigaron la extracción y caracterización de la gelatina a partir de patas de pollo. Los autores se centraron en el uso de diferentes ácidos aptos para el consumo para extraer la gelatina, evaluando sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (Tabla 7).

Tabla 7 | Residuos avícolas con propiedades funcionales

Tipo de Carne	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de Producto que se desarrolla con el residuo	Referencia
Pollo.	Patas de pollo.	Proteínas, principalmente colágeno.	Gelatina comestible.	(Chakka, Moula Ali, Sakhare y Bhaskar, 2017)
Pollo.	Patas de pollo.	Proteínas, principalmente colágeno.	Gelatina para uso industrial.	(Rather et al., 2022)
Pollo.	Piel y hueso de pollo.	Proteínas, principalmente colágeno.	Gelatina para uso alimentario y farmacéutico.	(Bichukale et al., 2018)
Pollo.	Piel de pollo.	Proteínas, principalmente colágeno y compuestos antioxidantes.	Gelatina con propiedades antioxidantes.	(Wan y Sarbon, 2016)

En cambio, Bichukale, Koli, Sonavane, Vishwasrao, Pujari y Shingare (2018) examinaron la extracción de gelatina a partir de desechos de piel y hueso de pollo enfocado en las propiedades reológicas y funcionales de la gelatina extraída, así como, su capacidad de emulsificación y estabilidad, bajo diferentes condiciones de extracción (**Tabla 7**).

Por último, Wan y Sarbon (2016) estudiaron el impacto de los métodos de secado en las propiedades funcionales y la actividad antioxidante de la gelatina extraída de la piel de pollo (**Tabla 7**).

En los estudios realizados por Chakka, Moula Ali, Sakhare y Bhaskar (2017), Rather, Majid, Dar, Amin, Makroo, Mir, Barba y Dar (2022), Bichukale, Koli, Sonavane, Vishwasrao, Pujari y Shingare (2018) y García et al., se exploraron diversas técnicas para la extracción de gelatina de residuos avícolas, cada una con su enfoque particular en los componentes funcionales y los procesos de obtención (**Tabla 7**). Estos estudios evidencian cómo se puede elevar un subproducto comúnmente desechado a un componente valioso para aplicaciones culinarias, técnicas y médicas, fomentando la economía circular.

En cuanto al método más eficaz de extracción, la combinación de técnicas usadas por Rather, Majid, Dar, Amin, Makroo, Mir, Barba y Dar (2022), que incluye secado por aire caliente y liofilización, ofrece un equilibrio óptimo entre eficiencia y preservación de las propiedades funcionales y fisicoquímicas de la gelatina en comparación con los métodos de artículos revisados. El método usado por este autor permite ajustar las condiciones de secado para maximizar la calidad de la gelatina, particularmente en términos de su capacidad antioxidante y propiedades reológicas, lo cual es crucial para aplicaciones específicas en la industria alimentaria y farmacéutica.

Los valores de rendimiento de la gelatina, así como los valores de bloom, la viscosidad, el punto de fusión, la capacidad de emulsificación y la estabilidad, fueron generalmente mayores para la gelatina extraída a

45 °C, en comparación con las obtenidas a 40, 50, 55 y 60 °C. Además, el contenido más alto de hidroxiprolina, un indicador clave de la calidad de la gelatina, se observó a también 45 °C (Bichukale, Koli, Sonavane, Vishwasrao, Pujari y Shingare, 2018).

En relación con los antioxidantes, en el estudio de Wan y Sarbon (2016), los compuestos como los aminoácidos de glicina, prolina e hidroxiprolina pueden contribuir a la capacidad antioxidante general de la gelatina, ofreciendo beneficios como la reducción del estrés oxidativo y la prevención de enfermedades crónicas. Esta característica añade un valor adicional a la gelatina extraída, resaltando su potencial en el desarrollo de productos saludables.

En términos de beneficios para la salud humana, la gelatina se destaca no solo por su contenido proteico, sino también por sus propiedades funcionales. Se utiliza en productos bajos en grasa, aprovechando su capacidad para actuar como agente aglutinante, y en bebidas energéticas, especialmente para atletas, debido a su aporte energético y capacidad de recuperación muscular (Aksun Tümerkan, 2021).

3.4.3. Residuos de la producción acuícola

La producción acuícola se ha convertido en una importante fuente de alimento para el consumo humano en todo el mundo (Beltrán Meza, 2017). En 2020, los países asiáticos representaron el 70 % de la producción pesquera total, seguidos de los productores estadounidenses y europeos, que contribuyeron con el 12 % y el 10 %, respectivamente (Zhang et al., 2023). La cantidad de residuos generados en el procesamiento de pescado varía considerablemente según la especie y puede constituir entre el 30 % y el 70 % del peso total del pescado en su estado vivo (Ahuja et al., 2020).

En la discusión entre los autores de los estudios analizados, se destacan las características y aplicaciones potenciales de los productos desarrollados a partir de residuos de pescado, enfocándose en la salud humana y la nutrición (**Tabla 8**).

Tabla 8 | Residuos piscícolas con propiedades funcionales

Tipo de Carne	Residuo	Compuesto funcional/nutricional	Tipo de Producto que se desarrolla con el residuo	Referencia
Corvina.	Piel.	Glicina, alanina y prolina.	Gelatina para aplicaciones variadas.	(Kumar, Chyra, Elavarasan y Shamasundar, 2018)
Labeo rohita.	Vejiga natatoria.	Glicina, prolina, ácido glutámico y alanina.	Gelatina con diferentes propiedades según el método de secado.	(Kanwate et al., 2019)
Nilo tilapia.	Piel.	Glicina, alanina, ácido glutámico, prolina, arginina, hidroxiprolina y ácido aspártico.	Fibras ultrafinas por electrohilado.	(Songchotikunpan et al., 2008)
Atún listado.	Piel.	Aminoácidos como glicina y alanina.	Gelatina con diferencias entre especies.	(Shyni et al., 2014)

Kumar et al. (2018) destacaron la gelatina obtenida de la piel de corvina, rica en glicina, alanina y prolina,

resaltando su potencial para aplicaciones variadas en la alimentación, como agente gelificante en postres,

agentes espesantes en salsas y sopas, y en la producción de cápsulas blandas para suplementos alimenticios.

En contraste, Songchotikunpan, Tattiyakul y Supaphol (2008), desarrollan fibras ultrafinas a partir de la gelatina de piel de la tilapia del Nilo mediante electrohilado, con potenciales aplicaciones en la alimentación como matrices para encapsulación de nutrientes o componentes bioactivos, lo que podría mejorar la liberación controlada y la protección de estos compuestos en los alimentos.

Autores como Kanwate, Ballari y Kudre (2019) investigaron cómo diferentes métodos de secado (como liofilización, secado por pulverización y secado al vacío) afectan directamente la solubilidad y la hidrofobicidad de la gelatina. La solubilidad es crucial, ya que determina la facilidad con la que la gelatina puede ser incorporada en diversas formulaciones, siendo un parámetro esencial para su aplicación en productos alimentarios, farmacéuticos y nutracéuticos.

En cambio, Kumar, Chandra, Elavarasan y Shamasundar (2018) exploran la composición aminoácida y propiedades físicas como la fuerza de gel Bloom y las temperaturas de gelificación y fusión de la gelatina extraída de la piel de corvina. Estos aspectos son fundamentales para entender la calidad de la gelatina en términos de su resistencia y comportamiento térmico, factores importantes para aplicaciones en alimentos y biomateriales.

Shyni, Hema, Ninan, Mathew, Joshy y Lakshmanan (2014) examinaron las propiedades fisicoquímicas de las gelatinas de atún listado, tiburón y rohu, encontrando variaciones significativas en términos de viscosidad, fuerza de gel Bloom y composición de aminoácidos. Identificando al residuo del tiburón como la gelatina con mayor fuerza de gel Bloom, por lo tanto, esta sería más adecuada para aplicaciones donde se requiera una mayor firmeza o estabilidad del gel, especialmente en aquellos productos donde se requiera una mayor rigidez o consistencia del gel.

3.5. Sostenibilidad y economía circular a partir de los residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son fundamentales para impulsar la economía circular en la industria alimentaria, trascendiendo su rol nutricional al servir como recursos para un sistema de producción y consumo regenerativo. La reutilización de estos residuos no solo atiende a la creciente demanda de ingredientes o alimentos sostenibles, sino que también fomenta la reducción de residuos y mejora la eficiencia energética.

Tecnologías sostenibles aplicadas en la extracción de compuestos bioactivos optimizan el valor de estos subproductos, transformándolos en ingredientes esenciales para una alimentación saludable. Al reincorporarlos en la cadena alimentaria, se reduce la dependencia de nuevas materias primas, afianzando un sistema alimentario eficiente y sostenible. Este enfoque de economía circular no se limita a la reutilización, ya que además promueven prácticas empresariales innovadoras que subrayan la sostenibilidad y responsabilidad ambiental, en línea con políticas europeas para minimizar el desperdicio y valorizar los subproductos.

La sostenibilidad ambiental también se fortalece mediante la gestión de residuos agroindustriales, una práctica cada vez más esencial. Los residuos de frutas vegetales si no se manejan adecuadamente, contribuyen a la emisión de CO₂ (Shabir et al., 2023), mientras que los residuos lácteos, como el suero, tienen un alto impacto en los recursos hídricos debido a su alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) (Vinocunga-Pillajo et al. 2023). Por último, los subproductos cárnicos de peces y ovinos contribuyen a la degradación ambiental debido a procesos de descomposición y la liberación de metano (Pitk et al., 2012).

Estos desafíos recalcan la importancia de convertir los desechos en recursos, alineándose con un modelo de economía circular que busca la eficiencia en el uso de recursos y minimiza el impacto ambiental.

4. Conclusiones

La presente revisión sistemática pone de manifiesto el alto potencial de los residuos agroindustriales como fuente de ingredientes funcionales y compuestos bioactivos. Los estudios analizados revelan que estos subproductos de frutas, vegetales, cereales, productos lácteos y cárnicos contienen una amplia variedad de nutrientes funcionales como fibra dietética, antioxidantes fenólicos, proteínas bioactivas y ácidos grasos esenciales.

Los compuestos identificados en los residuos agroindustriales confieren propiedades beneficiosas para la salud, incluyendo la prevención de enfermedades crónicas, la reducción del estrés oxidativo, la modulación positiva de la microbiota intestinal, la protección cardiovascular y la prolongación de la longevidad.

El aprovechamiento integral de los residuos agroindustriales mediante la ingeniería de alimentos permite desarrollar ingredientes enriquecidos para innovar en alimentos funcionales, nutracéuticos y dietas saludables. Estos productos mejorados pueden

tener un impacto significativo en la calidad de vida de la población. Más allá de los beneficios en salud y nutrición, la reutilización de los residuos agroalimentarios fomenta la sostenibilidad ambiental

y económica. La valorización de estos subproductos promueve una industria alimentaria más eficiente, reduciendo desperdicios y emisiones, en línea con los paradigmas de la economía circular.

Contribuciones de los autores

Danilo Reni Vinocunga-Pillajo: Concepción, adquisición, análisis, interpretación de datos; y redacción del manuscrito; ha aprobado la versión enviada.

Fabiola Maribel Jiménez Tamayo: Redacción del manuscrito; ha aprobado la versión enviada.

Conflicto de intereses de los autores

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

- AHUJA, Ishita, DAUKSAS, Egidijus, REMME, Jannicke, RICHARDSEN, Roger, & LØES, Anne-Kristin. 2020. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management*. Online. Vol 115, p. 95-112. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.07.025. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X20303913>. [Accessed: 23 enero 2023].
- AKANBI, Taiwo O., DARE, Kehinde O., & ARYEE, Alberta N. A. 2019, *Byproducts from Agriculture and Fisheries*. In: Benjamin, K. S., Alberta, N. A & Fidel, T (eds.). High-Value Products from Cereal, Nuts, Fruits, and Vegetables Wastes. Online. Dover, USA. John Wiley & Sons Ltd. pp. 347-368, DOI: 10.1002/9781119383956.ch15. Available from. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119383956.ch15>. [Accessed: 23 agosto 2023].
- AKSUN TÜMERKAN, Elif Tuğçe. 2021, *Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products*. In: Bhat, R (eds.). Sustainable utilization of gelatin from animal-based agri-food waste for the food industry and pharmacology. Online. Ankara, Turkey. Academic Press/Elsevier. pp. 425-442, DOI: 10.1016/B978-0-12-824044-1.00041-6. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128240441000416>. [Accessed: 7 noviembre 2023].
- ALAO, Babatunde, FALOWO, Andrew, CHULAYO, Amanda, & MUCHENJE, Voster. 2017. The Potential of Animal By-Products in Food Systems: Production, Prospects and Challenges. *Sustainability*. Online. Vol 9, n.º (7). p. 1089. DOI: 10.3390/su9071089. Available from. <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/7/1089>. [Accessed: 23 enero 2024].
- ALRAHMANY, Roaaya, AVIS, Tyler, & TSOPMO, Apollinaire. 2013. Treatment of oat bran with carbohydrases increases soluble phenolic acid content and influences antioxidant and antimicrobial activities. *Food Research International*. Online. Vol 52, n.º (2). p. 568-574. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.03.037. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913002123>. [Accessed: 23 agosto 2023].
- ANNEGOWDA, Hardur Venkatappa, & MAJUMDER, Pulak. 2021, *Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products*. In: Bhat, R (eds.). Chapter 5 - Valuable bioactives from vegetable wastes. Online. Mandya, India. Academic Press. pp. 83-109, DOI: 10.1016/B978-0-12-824044-1.00003-9. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128240441000039>. [Accessed: 7 noviembre 2023]
- BANERJEE, Pradipta, & SHANTHI, Chittibabu. 2012. Isolation of novel bioactive regions from bovine Achilles tendon collagen having angiotensin I-converting enzyme-inhibitory properties. *Process Biochemistry*. Online. Vol 47, n.º (12). p. 2335-2346. DOI: 10.1016/j.procbio.2012.09.012. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359511312003534>. [Accessed: 8 octubre 2023].
- BEGUM, Tahmina, ISLAM, Md. Zakirul, SIDDIKI, Mohammad Shohel Rana, HABIB, Raihan, & HARUN-UR-RASHID, Md., 2019. Preparation of Fermented Beverage from Whey-Based Watermelon (*Citrullus lanatus*) Juice. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. Online. Vol 39, n.º (4). p. 301-306. DOI: 10.18805/ajdf.R-150. Available from. <https://arccjournals.com/journal/asian-journal-of-dairy-and-food-research/DR-150>. [Accessed: 18 agosto 2023].
- BELTRÁN MEZA, María Candelaria. 2017. Innovación en el sector acuícola. *Ra Ximhai*. Online. Vol 13, n.º (3). p. 351-364. Available from. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070020>. [Accessed: 23 enero 2024].
- BETROUCHE, Amel, ESTIVI, Lorenzo, COLOMBO, Davide, PASINI, Gabriella, BENATALLAH, Leila, BRANDOLINI, Andrea, & HIDALGO, Alyssa. 2022. Antioxidant Properties of Gluten-Free Pasta Enriched with Vegetable By-Products. *Molecules*. Online. Vol 27, n.º (24). p. 8993. DOI: 10.3390/molecules27248993. Available from. <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/24/8993>. [Accessed: 26 octubre 2023].
- BHASKAR, Nimisha, MODI, Vinod Kumar, GOVINDARAJU, K, CHERUPPANPULLIL, Radha, & LALITHA, Gowda. 2007. Utilization of meat industry by products: Protein hydrolysate from sheep visceral

- mass. *Bioresource Technology*. Online. Vol 98, n.º (2). p. 388-394. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.12.017. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852405005997>. [Accessed: 29 octubre 2023].
- BICHUKALE, Ajay, KOLI, Jayappa Mahalappa, SONAVANE, AE, VISHWASRAO, Vinayak, PUJARI, Keshav Hari, & SHINGARE, Prakash Ekanath. 2018. Functional properties of gelatin extracted from poultry skin and bone waste. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences* Online. Vol 6, n.º (4). p. 87-101. DOI: 10.18782/2320-7051.6768. Available from. <https://www.ijpab.com/vol6-iss4a12.php>. [Accessed: 23 agosto 2023].
- CARVALHO, Rafael, SHIMOKOMAKI, Massami, & ESTÉVEZ, Mario. 2017, *Poultry Quality Evaluation*. In: Petrac, M & Berri, C (eds.). Chapter 6 - Poultry Meat Color and Oxidation. Online. Italy. Woodhead Publishing. pp. 133-157, DOI: 10.1016/B978-0-08-100763-1.00006-4. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081007631000064>. [Accessed: 7 noviembre 2023]
- CHAKKA, Ashok, MOULA ALI, Ali, SAKHARE, P. Z., & BHASKAR, Nimisha. 2017. Poultry Processing Waste as an Alternative Source for Mammalian Gelatin: Extraction and Characterization of Gelatin from Chicken Feet Using Food Grade Acids. *Waste and Biomass Valorization*. Online. Vol 8, n.º (2). p. 2583–2593. DOI: 10.1007/s12649-016-9756-1. Available from. <https://www.springer.com/journal/12649>. [Accessed: 27 septiembre 2023].
- CHAUDHARY, Vandana, KAJLA, Priyanka, VERMA, Digvijay, SINGH, Tejinder Pal, KOTHAKOTA, Anjineyulu, PRASATH, Arun, JEEVARATHINAM, KUMAR, Manoj, RAMNIWAS, Seema, RUSTAGI, Sarvesh, & PANDISELVAM, Ravi. 2023. Valorization of dairy wastes into wonder products by the novel use of microbial cell factories. *Trends in Food Science & Technology*. Online. Vol 142, p. 104221. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.104221. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423003369>. [Accessed: 20 octubre 2023].
- CRUZ NEGRETE, Johanna Belén, & BÁEZ VALENCIA, Jonathan Xavier. 2018. Concentración económica de la agroindustria en Ecuador 2006-2013: un estudio empírico. *Estado & comunes*. Online. Vol 2, n.º (7). p. 89-106. DOI: 10.37228/estado_comunes.v2.n7.2018.83. Available from. https://revistas.iaen.edu.ec/index.php/estado_comunes/article/view/83. [Accessed: 20 enero 2024].
- DARINE, Selmane, CHRISTOPHE, Vial, & GHOLAMREZA, Djelveh. 2010. Production and functional properties of beef lung protein concentrates. *Meat Science*. Online. Vol 84, n.º (3). p. 315-322. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.03.007. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174009000837>. [Accessed: 19 septiembre].
- DEL-CASTILLO-LLAMOSAS, Alexandra, EIBES, Gemma, FERREIRA-SANTOS, Pedro, PÉREZ-PÉREZ, Alba, DEL-RÍO, Pablo, & GULLÓN, Beatriz. 2023. Microwave-assisted autohydrolysis of avocado seed for the recovery of antioxidant phenolics and glucose. *Bioresource Technology*. Online. Vol 385, p. 129432. DOI: 10.1016/j.biortech.2023.129432. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085242300860X>. [Accessed: 29 septiembre 2023].
- DI NUNZIO, Mattia, PICONE, Gianfranco, PASINI, Federica, CABONI, Maria Fiorenza, GIANOTTI, Andrea, BORDONI, Alessandra, & CAPOZZI, Francesco. 2018. Olive oil industry by-products. Effects of a polyphenol-rich extract on the metabolome and response to inflammation in cultured intestinal cell. *Food Research International*. Online. Vol 113, p. 392-400. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.025. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918305635>. [Accessed: 24 septiembre 2023].
- DINKÇI, Nayil, AKDENİZ, Vildan, & AKALIN, Ayşe S., 2023. Probiotic Whey-Based Beverages from Cow, Sheep and Goat Milk: Antioxidant Activity, Culture Viability, Amino Acid Contents. *Foods*. Online. Vol 12, n.º (3). p. 610. DOI: 10.3390/foods12030610. Available from. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/3/610>. [Accessed: 25 septiembre 2023].
- DONG, Ye, YAN, Wen, ZHANG, Yi-Qi, & DAI, Zhi-Yuan. 2023. A novel angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide from tilapia skin: Preparation, identification and its potential antihypertensive mechanism. *Food Chemistry*. Online. Vol 430, p. 137074. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.137074. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814623016928>. [Accessed: 1 septiembre 2023].
- DRUMMOND, Liana, ÁLVAREZ, Carlos, & MULLEN, Anne Maria. 2019, *Sustainable Meat Production and Processing*. In: Galanakis, C. M (eds.). Proteins Recovery From Meat Processing Coproducts. Online. Dublin, Ireland. Academic Press. pp. 69-83, DOI: 10.1016/B978-0-12-814874-7.00004-3. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148747000043>. [Accessed: 7 noviembre 2023]
- FĂRCAȘ, Anca Corina, SOCACI, Sonia Ancuța, NEMEȘ, Silvia Amalia, POP, Oana Lelia, COLDEA, Teodora Emilia, FOGARASI, Melinda, & BIRIȘ-DORHOI, Elena Suzana. 2022. An Update Regarding the Bioactive Compound of Cereal By-Products: Health Benefits and Potential Applications. *Nutrients*. Online. Vol 14, n.º (17). p. 3470. DOI: 10.3390/nu14173470. Available from. <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/22/7977>. [Accessed: 16 septiembre 2023].
- FĂRCAȘ, Anca, DREȚCANU, Georgiana, POP, Teodora, ENARU, Bianca, SOCACI, Sonia, &

- DIACONEASA, Zorița. 2021. Cereal Processing By-Products as Rich Sources of Phenolic Compounds and Their Potential Bioactivities. *Nutrients*. Online. Vol 13, n.º (11). p. 3934. DOI: 10.3390/nu13113934. Available from. <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/11/3934>. [Accessed: 25 octubre 2023].
- FOEGEDING, Allen, LUCK, Jeltema, & VARDHANABHUTI, Bongkosh. 2011, *Encyclopedia of Dairy Sciences*. In: Fuquay, J. W (eds.). Milk Protein Products | Whey Protein Products. Online. San Diego. Academic Press. pp. 873-878, DOI: 10.1016/B978-0-12-374407-4.00350-2. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074003502>. [Accessed: 7 noviembre 2023]
- GARNÅS, Eirik. 2023. Fermented Vegetables as a Potential Treatment for Irritable Bowel Syndrome. *Current Developments in Nutrition*. Online. Vol 7, n.º (3). p. 100039. DOI: 10.1016/j.cdnut.2023.100039. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2475299123005127>. [Accessed: 7 noviembre 2023].
- GÓMEZ-GARCÍA, Ricardo, CAMPOS, Débora, AGUILAR, Cristóbal, MADUREIRA, Ana, & PINTADO, Manuela. 2020. Valorization of melon fruit (*Cucumis melo L.*) by-products: Phytochemical and Biofunctional properties with Emphasis on Recent Trends and Advances. *Trends in Food Science & Technology*. Online. Vol 99, n.º (1). p. 507-519. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.033. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224419306417>. [Accessed: 7 octubre 2023].
- GONZÁLEZ, Graciela Carrillo, & POMAR FERNÁNDEZ, Silvia. 2021. La economía circular en los nuevos modelos de negocio. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*. Online. Vol 9, (23). p. e2379933. DOI: 10.22201/enesl.20078064e.2021.23.79933. Available from. <https://revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/article/view/79933>. [Accessed: 19 enero 2024].
- GROCHOWICZ, Józef, FABISIAK, Anna, & EKIELSKI, Adam. 2021. Importance of physical and functional properties of foods targeted to seniors. *Journal of Future Foods*. Online. Vol 1, n.º (2). p. 146-155. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2022.01.004. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772566922000040>. [Accessed: 4 septiembre 2023].
- HADIDI, Milad, IBARZ, Albert, & POURAMIN, Shiva. 2021. Optimization of extraction and deamidation of edible protein from evening primrose (*Oenothera biennis L.*) oil processing by-products and its effect on structural and techno-functional properties. *Food Chemistry*. Online. Vol 334, p. 127613. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127613. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620314758>. [Accessed: 25 agosto 2023].
- HASSAN, Gul, SHABBIR, Muhammad Asim, AHMAD, Farah, PASHA, Imran, ASLAM, Noman, AHMAD, Talha, REHMAN, Abdur, MANZOOR, Muhammad Faisal, INAM-UR-RAHEEM, Muhammad, & AADIL, Rana Muhammad. 2021. Cereal processing waste, an environmental impact and value addition perspectives: A comprehensive treatise. *Food Chemistry*. Online. Vol 363, p. 130352. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130352. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621013583>. [Accessed: 22 septiembre 2023].
- JEONG, Seul-Gi, KIM, Ho Myeong, LEE, Moeun, YANG, Jung Eun, & PARK, Hae Woong. 2023. Use of Vegetable Waste as a Culture Medium Ingredient Improves the Antimicrobial and Immunomodulatory Activities of Lactiplantibacillus plantarum WiKim0125 Isolated from Kimchi. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. Online. Vol 33, n.º (1). p. 75-82. DOI: 10.4014/jmb.2210.10049. Available from. <https://www.jmb.or.kr/journal/view.html?doi=10.4014/jmb.2210.10049>. [Accessed: 11 noviembre 2023].
- JOHN, Rinaldo, & SINGLA, Ankit. 2021. Functional Foods: Components, health benefits, challenges and major projects. *Journal of Environment, Agriculture, and Energy*. Online. Vol 2, n.º (1). p. 61-72. DOI: 10.37281/DRCSF/2.1.7. Available from. <https://genesissus.eu/drc/wp-content/uploads/2021/06/Functional-Foods.pdf>. [Accessed: 8 septiembre 2023].
- KANWATE, Balaji Wamanrao, BALLARI, Rajashekhar, & KUDRE, Tanaji. 2019. Influence of spray-drying, freeze-drying and vacuum-drying on physicochemical and functional properties of gelatin from Labeo rohita swim bladder. *International Journal of Biological Macromolecules*. Online. Vol 121, p. 135-141. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.015. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813018337930>. [Accessed: 28 octubre 2023].
- KARAMAN, Safa, KARASU, Salih, TORNUK, Fatih, TOKER, Omer Said, GEÇGEL, Ümit, SAGDIC, Osman, OZCAN, Nihat, & GÜL, Osman. 2015. Recovery potential of cold press byproducts obtained from the edible oil industry: physicochemical, bioactive, and antimicrobial properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Online. Vol 63, n.º (8). p. 2305–2313. DOI: 10.1021/jf504390t. Available from. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf504390t>. [Accessed: 17 septiembre 2023].
- KAUR, Puneet, DHIR, Amandeep, TALWAR, Shalini, & ALRASHEEDY, Melfi. 2021. Systematic literature review of food waste in educational institutions: setting the research agenda. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. Online. Vol 33, n.º (4). p. 1160-1193. DOI: 10.1108/IJCHM-07-2020-0672. Available from.

<https://doi.org/10.1108/IJCHM-07-2020-0672>.

[Accessed: 20 enero 2024].

KUMAR, Dara Pavan, CHANDRA, Venkataramappa, ELAVARASAN, Krishnamoorthy, & SHAMASUNDAR, Aswathnaryan 2018. Structural properties of gelatin extracted from croaker fish (*Johnius sp*) skin waste. *International Journal of Food Properties*. Online. Vol 20, n.º (sup3). p. S2612–S2625. DOI: 10.1080/10942912.2017.1381702. Available from. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2017.1381702>. [Accessed: 2 septiembre 2023].

LI, Lili, YAN, Shuling, LIU, Shuangjiang, WANG, Ping, LI, Wenjun, YI, Yuetao, & QIN, Song. 2023. In-depth insight into correlations between gut microbiota and dietary fiber elucidates a dietary causal relationship with host health. *Food Research International*. Online. Vol 172, p. 113133. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113133. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923006786>. [Accessed: 1 octubre 2023].

LÓPEZ RAMÍREZ, Cesar Augusto, & GARCÍA CÁCERES, Rafael Guillermo. 2020. Caracterización de la cadena de abastecimiento de la carne bovina en Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*. Online. Vol 38, n.º (1). p. 44-65. DOI: 10.14482/inde.38.1.338.17. Available from. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85270674004>. [Accessed: 23 enero 2024].

LUCERA, Annalisa, COSTA, Cristina, MARINELLI, Valeria, SACCOTELLI, Maria Antonietta, DEL NOBILE, Matteo Alessandro, & CONTE, Amalia. 2018. Fruit and Vegetable By-Products to Fortify Spreadable Cheese. *Antioxidants (Basel)*. Online. Vol 7, n.º (5). p. 61. DOI: 10.3390/antiox7050061. Available from. <https://www.mdpi.com/2076-3921/7/5/61>. [Accessed: 2 noviembre 2023].

MADHAMUTHANALLI, Chandra Venkataramappa, & BANGALORE, Shamasundar Aswathnarayan. 2014. Rheological and physico-chemical properties of gelatin extracted from the skin of a few species of freshwater carp. *International Journal of Food Science & Technology*. Online. Vol 49, n.º (7). p. 1758-1764. DOI: 10.1111/ijfs.12511. Available from. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.12511>. [Accessed: 22 septiembre 2023].

NAIK, Bindu, KUMAR, Vijay, RIZWANUDDIN, Sheikh, CHAUHAN, Mansi, GUPTA, Arun Kumar, RUSTAGI, Sarvesh, KUMAR, Vivek, & GUPTA, Sanjay. 2023. Agro-industrial waste: a cost-effective and eco-friendly substrate to produce amylase. *Food Production, Processing and Nutrition*. Online. Vol 5, p. 1-30. DOI: 10.1186/s43014-023-00143-2. Available from. <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-023-00143-2#citeas>. [Accessed: 21 enero 2024].

NWOSU, Onyeka Kingsley, & UBAOJI, Kingsley Ikechukwu. 2020. *Functional Foods and*

Nutraceuticals: Bioactive Components, Formulations and Innovations. In: Egbuna, C & Dable Tupas, G (eds.). *Nutraceuticals: History, Classification and Market Demand*. Online. Cham. Springer International Publishing. pp. 13-22, DOI: 10.1007/978-3-030-42319-3_2. Available from. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-42319-3_2. [Accessed: 7 noviembre 2023].

OLÁH, Judit, KASZA, Gyula, SZABÓ-BÓDI, Barbara, SZAKOS, Dávid, POPP, József, & LAKNER, Zoltán. 2022. Household Food Waste Research: The Current State of the Art and a Guided Tour for Further Development. *Frontiers in Environmental Science*. Online. Vol 10, p. 1-17. DOI: 10.3389/fenvs.2022.916601. Available from. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.916601>. [Accessed: 20 enero 2024].

OTERO, Paz, GARCIA-OLIVEIRA, P., CARPENA, M., BARRAL-MARTINEZ, M., CHAMORRO, F., ECHAVE, J., GARCIA-PEREZ, P., CAO, Hui, XIAO, Jianbo, SIMAL-GANDARA, J., & PRIETO, M. A., 2021. Applications of by-products from the olive oil processing: Revalorization strategies based on target molecules and green extraction technologies. *Trends in Food Science & Technology*. Online. Vol 116, p. 1084-1104. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.09.007. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421005318>. [Accessed: 19 septiembre 2023].

PAGE, Matthew J., MCKENZIE, Joanne E., BOSSUYT, Patrick M., BOUTRON, Isabelle, HOFFMANN, Tammy C., MULROW, Cynthia D., SHAMSEER, Larissa, TETZLAFF, Jennifer M., AKL, Elie A., BRENNAN, Sue E., CHOU, Roger, GLANVILLE, Julie, GRIMSHAW, Jeremy M., HRÓBJARTSSON, Asbjörn, LALU, Manoj M., LI, Tianjing, LODER, Elizabeth W., MAYO-WILSON, Evan, MCDONALD, Steve, MCGUINNESS, Luke A., STEWART, Lesley A., THOMAS, James, TRICCO, Andrea C., WELCH, Vivian A., WHITING, Penny, & MOHER, David. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. Online. Vol 372, p. n71. DOI: 10.1136/bmj.n71. Available from. <http://www.bmj.com/content/372/bmj.n71.abstract>. [Accessed: 21 enero 2024].

PATEL, Seema. 2015. Cereal bran fortified-functional foods for obesity and diabetes management: Triumphs, hurdles and possibilities. *Journal of Functional Foods*. Online. Vol 14, p. 255-269. DOI: 10.1016/j.jff.2015.02.010. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464615000729>. [Accessed: 21 agosto 2023].

PITK, Peep, KAPARAJU, Prasad, & VILU, Raivo. 2012. Methane potential of sterilized solid slaughterhouse wastes. *Bioresource Technology*. Online. Vol 116, p. 42-46. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.04.038. Available from.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412006438>. [Accessed: 22 septiembre 2023].
- PRECIADO-SALDAÑA, Alejandra, RUIZ-CANIZALES, Jacqueline, VILLEGAS-CHOA, Mónica, DOMÍNGUEZ-AVILA, Abraham, & GONZÁLEZ-AGUILAR, Gustavo. 2022. Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Online. Vol 23, n.º (2). p. 92-99. Available from. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81373798002>. [Accessed: 19 enero 2024].
- RATHER, Jahangir, MAJID, Syed Darakshan, DAR, Aamir Hussain, AMIN, Tawheed, MAKROO, Hilal, MIR, Shabir Ahmad, BARBA, Francisco, & DAR, Basharat Nabi. 2022. Extraction of Gelatin From Poultry Byproduct: Influence of Drying Method on Structural, Thermal, Functional, and Rheological Characteristics of the Dried Gelatin Powder. *Frontiers in Nutrition*. Online. Vol 9, p. 895197. DOI: 10.3389/fnut.2022.895197. Available from. <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2022.895197/full>. [Accessed: 19 octubre 2023].
- RICO-RODRIGUEZ, Fabián, STRANI, Lorenzo, GRASSI, Silvia, LANCHEROS, Ruth, SERRATO, Juan Carlos, & CASIRAGHI, Ernestina. 2021. Study of Galactooligosaccharides production from dairy waste by FTIR and chemometrics as Process Analytical Technology. *Food and Bioprocess Processing*. Online. Vol 126, p. 113-120. DOI: 10.1016/j.fbp.2020.12.009. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308520305824>. [Accessed: 11 octubre 2023].
- RICO, Daniel, & MARTIN, Ana. 2023. Nutracéuticos y alimentos funcionales aliados para la salud: la necesidad de un diseño “a medida”. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. Online. Vol XVII, n.º (2). p. 103-118. DOI: 10.7400/NCM.2023.17.2.5121. Available from. <https://nutricionclinicaenmedicina.com/nutraceuticos-y-alimentos-funcionales-aliados-para-la-salud-la-necesidad-de-un-diseno-a-medida/>. [Accessed: 23 enero 2024].
- RISNER, Derrick, MARCO, Maria, PACE, Sara, & SPANG, Edward. 2020. The Potential Production of the Bioactive Compound Pinene Using Whey Permeate. *Processes*. Online. Vol 8, n.º (3). p. 263. DOI: 10.3390/pr8030263. Available from. <https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2022.895197/full>. [Accessed: 14 octubre 2023].
- ROMERO, Concepción, MEDINA, Eduardo, MATEO, Maria Antonia, & BRENES, Manuel. 2018. New by-products rich in bioactive substances from the olive oil mill processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Online. Vol 98, n.º (1). p. 225-230. DOI: 10.1002/jsfa.8460. Available from. <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.8460>. [Accessed: 5 septiembre 2023].
- ROUTRAY, Winny, & ORSAT, Valerie. 2017. *Food Bioconversion*. In: Grumezescu, A. M & Holban, A. M (eds.). Plant By-Products and Food Industry Waste: A Source of Nutraceuticals and Biopolymers. Online. Montreal, QC, Canada. Academic Press. pp. 279-315, DOI: 10.1016/B978-0-12-811413-1.00008-5. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128114131000085>. [Accessed: 7 noviembre 2023]
- SADH, Pardeep Kumar, DUHAN, Surekha, & DUHAN, Joginder Singh. 2018. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresources and Bioprocessing*. Online. Vol 5, p. 1-15. DOI: 10.1186/s40643-017-0187-z. Available from. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>. [Accessed: 21 enero 2024].
- SALAZAR-LÓPEZ, Norma Julieta, DOMÍNGUEZ-AVILA, Abraham, YAHIA, Elhadi, BELMONTE-HERRERA, Beatriz Haydee, WALL-MEDRANO, Abraham, MONTALVO-GONZÁLEZ, Efigenia, & GONZÁLEZ-AGUILAR, Gustavo Adolfo. 2020. Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*. Online. Vol 138, p. 109774. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109774. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996920307997>. [Accessed: 2 octubre 2023].
- SAMID, Ikram, KHOUYA, Tarik, ELBOUNY, Hamza, SELLAM, Khalid, & ALEM, Chakib. 2023. Quantification of phytochemical and antioxidant properties of aqueous apple extracts from the high atlas mountains in Morocco and their anti-inflammatory effect on Wistar rats. *Scientific African*. Online. Vol 22, p. e01897. DOI: 10.1016/j.sciaf.2023.e01897. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227623003526>. [Accessed: 7 noviembre 2023].
- SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, Estefanía, & MESA, María. 2018. Compuestos bioactivos del aceite de oliva virgen. *Nutrición clínica en medicina* Online. Vol XII, n.º (2). p. 80-94. Available from. <https://nutricionclinicaenmedicina.com/compuestos-bioactivos-del-aceite-de-oliva-virgen/>. [Accessed: 27 octubre 2023].
- SHABIR, Irtiqa, DASH, Kshirod Kumar, DAR, Aamir Hussain, PANDEY, Vinay Kumar, FAYAZ, Ufaq, SRIVASTAVA, Shivangi, & NISHA, R. 2023. Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review. *Future Foods*. Online. Vol 7, p. 100215. DOI: 10.1016/j.fufo.2023.100215. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266833523000011>. [Accessed: 2023/06/01].

- SHIRSATH, Ankush, & HENCHION, Maeve. 2021. Bovine and ovine meat co-products valorisation opportunities: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*. Online. Vol 118, n.º (Part A). p. 57-70. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.015. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421005021>. [Accessed: 18 agosto 2023].
- SHYNI, Kavilakath, HEMA, G. S., NINAN, George, MATHEW, Suseela, JOSHY, Chalil George, & LAKSHMANAN, Lakshmanan. 2014. Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). *Food Hydrocolloids*. Online. Vol 39, p. 68-76. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.12.008. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13003925>. [Accessed: 7 octubre 2023].
- SMEU, Irina, DOBRE, Alina, CUCU, Elena, MUSTĂȚEA, Gabriel, BELC, Nastasia, & UNGUREANU, Elena. 2022. Byproducts from the Vegetable Oil Industry: The Challenges of Safety and Sustainability. *Sustainability*. Online. Vol 14, n.º (4). p. 2039. DOI: 10.3390/su14042039. Available from. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/4/2039>. [Accessed: 27 agosto 2023].
- SONGCHOTIKUNPAN, Panida, TATTIYAKUL, Jirarat, & SUPAPHOL, Pitt. 2008. Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. *International Journal of Biological Macromolecules*. Online. Vol 42, n.º (3). p. 247-255. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2007.11.005. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813007002942>. [Accessed: 25 octubre 2023].
- SZABO, Katalin, MITREA, Laura, CĂLINOIU, Lavinia F., TELEKY, Bernadette-Emőke, MARTĂU, Gheorghe A., PLAMADA, Diana, PASCUTA, Mihaela S., NEMEȘ, Silvia-Amalia, VARVARA, Rodica-Anita, & VODNAR, Dan C., 2022. Natural Polyphenol Recovery from Apple-, Cereal-, and Tomato-Processing By-Products and Related Health-Promoting Properties. *Molecules*. Online. Vol 27, n.º (22). p. 7977. DOI: 10.3390/molecules27227977. Available from. <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/22/7977>. [Accessed: 14 septiembre 2023].
- TORRES-LEÓN, Cristian, ROJAS, Romeo, CONTRERAS-ESQUIVEL, Juan, SERNA-COCK, Liliana, BELMARES-CERDA, Ruth, & AGUILAR, Cristóbal. 2016. Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology*. Online. Vol 55, p. 109-117. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.06.009. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441630245X>. [Accessed: 3 octubre 2023].
- VARGAS CORREDOR, Yury Alexandra, & PERÉZ PÉREZ, Liliana Ibeth. 2018. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. Online. Vol 14, n.º (1). p. 59-72. DOI: 10.18359/rfcb.3108. Available from. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108>. [Accessed: 20 enero 2024].
- VARGHESE, Sandhya Alice, PULIKKALPARAMBIL, Harikrishnan, PROMHUAD, Khwanchat, SRISA, Atcharawan, LAORENZA, Yeyen, JARUPAN, Lerpong, NAMPITCH, Tarinee, CHONHENCHOB, Vanee, & HARNKARNSUJARIT, Nathdanai. 2023. Renovation of Agro-Waste for Sustainable Food Packaging: A Review. *Polymers (Basel)*. Online. Vol 15, n.º (3). p. 648. DOI: 10.3390/polym15030648. Available from. <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/3/648>. [Accessed: 25 agosto 2023].
- VERNI, Michela, RIZZELLO, Carlo Giuseppe, & CODA, Rossana. 2019. Fermentation Biotechnology Applied to Cereal Industry By-Products: Nutritional and Functional Insights. *Frontiers in Nutrition*. Online. Vol 6, p. 13. DOI: 10.3389/fnut.2019.00042. Available from. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6473998/>. [Accessed: 6 noviembre 2023].
- VILAS-BOAS, Ana, GÓMEZ-GARCÍA, Ricardo, MARÇAL, Sara, VILAS-BOAS, Ana, CAMPOS, Débora, & PINTADO, Manuela. 2023. *Fruit and Vegetable Waste Utilization and Sustainability*. In: Mandavgane, S., Chakravarty, I & Jaiswal, A. (eds.). Case study 1: fruit and vegetable waste valorization world scenario. Online. Porto, Portugal. Academic Press. pp. 229-251, DOI: 10.1016/B978-0-323-91743-8.00003-4. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323917438000034>. [Accessed: 7 noviembre 2023].
- VINOCUNGA-PILLAJO, Danilo Reni, JIMÉNEZ TAMAYO, Fabiola Maribel, SÁNCHEZ VALLEJO, Carlos Alfonso, & ROMERO VISTÍN, Aida Salomé. 2023. Obtención de bioetanol carburante a partir del lactosuero en la provincia de Chimborazo utilizando Super Pro designer. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Online. Vol 7, n.º (4). p. 3149-3163. DOI: 10.37811/cl_rcm.v7i4.7164. Available from. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7164>. [Accessed: 8 septiembre 2023].
- WAN, Wan Hasyera, & SARBON, Norizah. 2016. Effect of drying method on functional properties and antioxidant activities of chicken skin gelatin hydrolysate. *Journal of Food Science and Technology*. Online. Vol 53, n.º (11). p. 3928-3938. DOI: 10.1007/s13197-016-2379-5. Available from. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-016-2379-5>. [Accessed: 9 octubre 2023].
- YILMAZ, Fatih Mehmet, GÖRGÜÇ, Ahmet, KARAASLAN, Mehmet, VARDIN, Hasan, ERSUS BILEK, Seda, UYGUN, Özge, & BIRCAN, Cavit. 2019. Sour Cherry By-products: Compositions, Functional Properties and Recovery Potentials - A Review. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*. Online. Vol 59, n.º (22). p. 3549-3563. DOI:

10.1080/10408398.2018.1496901. Available from. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2018.1496901>. [Accessed: 12 octubre 2023].

YU, Jianmei, & AHMEDNA, Mohamed. 2013. Functional components of grape pomace: their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food Science & Technology*. Online. Vol 48, n.º (2). p. 221-237. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03197.x. Available from. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2012.03197.x>. [Accessed: 15 agosto 2023].

ZÁRATE-MARTÍNEZ, William, GONZÁLEZ-MORALES, Susana, RAMÍREZ-GODINA, Francisca, ROBLEDO-OLIVO, Armando, & JUÁREZ-MALDONADO, Antonio. 2021. Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum Mill.*). *Agronomía Mesoamericana*. Online. Vol 32, n.º (3). p. 854-868. DOI: 10.15517/am.v32i3.45101. Available from. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43768194011>. [Accessed: 21 enero 2024].

ZENG, Yu, ZHOU, Wenyi, YU, Jiahao, ZHAO, Lei, WANG, Kai, HU, Zhuoyan, & LIU, Xuwei. 2023. By-

Products of Fruit and Vegetables: Antioxidant Properties of Extractable and Non-Extractable Phenolic Compounds. *Antioxidants*. Online. Vol 12, n.º (2). p. 418. DOI: 10.3390/antiox12020418. Available from. <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/2/418>. [Accessed: 21 enero 2024].

ZHANG, Jingsi, AKYOL, Çağrı, & MEERS, Erik. 2023. Nutrient recovery and recycling from fishery waste and by-products. *Journal of Environmental Management*. Online. Vol 348, p. 119266. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119266. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723020546>. [Accessed: 23 enero 2024].

ZIARA, Rami, DVORAK, Bruce, & SUBBIAH, Jeyamkondan. 2018. *Sustainable Food Waste-To-energy Systems*. In: Trabold, T. A & Babbitt, C. W. (eds.). Chapter 7 - Sustainable Waste-to-Energy Technologies: Bioelectrochemical Systems. Online. United States. Academic Press. pp. 111-140, DOI: 10.1016/B978-0-12-811157-4.00007-3. Available from. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128111574000073>. [Accessed: 7 noviembre 2023].