

El potencial de los compuestos bioactivos de residuos de frutas y verduras en la industria alimentaria: Una revisión.

Alex Javier Bacca Narvaez

Estudiante maestría Biotecnología Alimentaria Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, Colombia.

Andrea Vásquez García

Docente Investigador maestría Biotecnología Alimentaria Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, Colombia.

Ibeth Rodríguez

Docente Investigador maestría Biotecnología Alimentaria Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, Colombia.

Johanna España Muñoz

Estudiante maestría Biotecnología Alimentaria Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, Colombia.

Resumen

Las frutas y verduras son cultivos ampliamente utilizados, pero el desperdicio generado por malas prácticas de sus residuos impacta la nutrición humana y el medio ambiente. Esta revisión busca describir el aprovechamiento de residuos de frutas y verduras en compuestos bioactivos y su aplicación en industrias alimentarias, utilizando fuentes secundarias consultadas en Web of Science (WoS) y Scopus, seleccionadas y organizadas mediante la herramienta Bibliometrix, con R Studio.

El interés en el aprovechamiento de residuos de frutas y verduras para obtener compuestos bioactivos se centra, principalmente, en cuatro grupos: (i) residuos del tomate, (ii) residuos del mango, (iii) residuos generados por cítricos y (iv) residuos de otras frutas y verduras. Los compuestos bioactivos de estos residuos tienen excelentes actividades funcionales y para la salud. En la industria cárnica se investigan como antioxidantes, antimicrobianos y sustitutos de grasas. En la industria láctea se utilizan para lograr una fortificación adecuada del alimento sin afectar el desarrollo de los microorganismos involucrados. En la industria panificadora, se busca mejorar el contenido de fibra dietética y la actividad antioxidante de los productos desarrollados. Estudios futuros permitirán profundizar en la relación entre el mejoramiento funcional y nutricional aportada por los compuestos bioactivos y la pérdida de calidad sensorial asociada.

Palabras clave: antioxidantes, antimicrobianos, anticancerígenos, fitoquímicos, industria cárnica, industria láctea, industria panificadora.

Citación sugerida:

Bacca, A. J.; Vásquez García, A.; Rodríguez, Í.; España Muñoz, J. (2024). El potencial de los compuestos bioactivos de residuos de frutas y verduras en la industria alimentaria: Una revisión. *Revista De Ciencias*, 27(2): e20214046. <https://doi.org/10.25100/rc.v27i2.14046>

Recibido: 08-03-2024

Aceptado: 09-10-2024

ORCID Alex javier Bacca
0000-0003-3961-6163

ORCID Andrea Vásquez
García
0000-0002-6387-3269

ORCID Ibeth Rodríguez
0000-0003-3312-3376

ORCID Johanna España
Muñoz
0009-0002-0537-1073



The potential of bioactive compounds from fruit and vegetable waste in the food industry: A review.

Abstract

Fruits and vegetables are widely used crops, but the waste generated by bad practices impacts human nutrition and the environment. This review seeks to describe the use of fruit and vegetable waste in bioactive compounds and its application in food industries, using secondary sources consulted from Web of Science (WoS) and Scopus, selected and organized using the Bibliometrix tool with R Studio.

The interest in the use of fruit and vegetable waste to obtain bioactive compounds focuses mainly on four groups: (i) tomato waste, (ii) mango waste, (iii) waste generated by citrus fruits and (iv) waste from other fruits and vegetables. The bioactive compounds of these wastes have excellent functional and health activities. In the meat industry, they are investigated as antioxidants, antimicrobials and fat substitutes. In the dairy industry, they are used to achieve adequate food fortification without affecting the microorganisms' development. In the baking industry, the aim is to improve the dietary fibre content and antioxidant activity of the developed products. Future studies will allow us to delve deeper into the relationship between bioactive compounds' functional and nutritional improvement and the associated loss of sensory quality.

Keywords: antioxidants, antimicrobials, anticancer, phytochemicals, meat industry, dairy industry, baking industry.

1. Introducción

Las frutas y las verduras son los cultivos hortícolas más utilizados ya que permiten consumirse de manera fresca, procesados o mínimamente procesados debido a sus altos contenidos nutritivos ^(1, 2). Sin embargo, las malas prácticas involucradas en las operaciones en el campo, cosecha, postcosecha, transporte, almacenamiento y comercialización, así como también los malos manejos en el hogar, llevan a desperdiciar aproximadamente el 17% del total de alimentos disponibles para consumidores (931 millones de toneladas/año) de los cuales, aproximadamente el 40% corresponde a frutas y verduras ⁽³⁾, lo que se convierte en un problema crítico no sólo frente a la nutrición humana y el medio ambiente, sino que también representa el desaprovechamiento de los compuestos bioactivos en estos residuos y los cuales presentan enormes usos y beneficios para diversas industrias como la alimenticia, farmacéutica, cosmética y química ^(4, 5).

Los residuos de las frutas y las verduras se componen principalmente de cáscaras, cortezas, semillas, piel, grano, salvado, tallos, orujo, entre otros, materiales poco utilizados pero que son fuentes de compuestos bioactivos como: fibra dietética, vitaminas, minerales, ácidos grasos poliinsaturados y fitoquímicos entre los que se encuentran: compuestos fenólicos, terpénicos, organosulfuros (azufrados) y nitrogenados. Los compuestos fenólicos, los terpénicos y la fibra dietética son los más estudiados para su uso en alimentos funcionales ^(2,6).

Se ha encontrado que los residuos de frutas y verduras suelen tener una mayor concentración de polifenoles en comparación con sus partes comestibles ^(2,6). Los ácidos fenólicos, flavonoides y taninos son los compuestos fenólicos más predominantes ^(2,7). Entre los compuestos terpénicos en estos residuos se encuentran carotenoides, fitosteroles, tocoferoles, betalainas, monoterpenos y saponinas ⁽⁸⁾. Entre los organosulfurados están, la alicina y otros elementos que aportan un sabor picante propio a la cebolla, ajo y puerro; la cisteína en brócoli y pimientos y el sulforafano en brócoli y coliflor ⁽⁹⁾. Por otro lado, los compuestos nitrogenados presentan un principal inconveniente debido a su toxicidad, incluso en bajas cantidades, como ocurre con la solanina en tomates verdes inmaduros, brotes de papa, semillas de pimientos y berenjenas inmaduras ^(8,10).

Los residuos de frutas y verduras también tienen un alto contenido en fibra dietética que mejora la función intestinal y reducen el riesgo de enfermedades cardíacas y diabetes tipo 2 ^(2, 11, 12). Son fuente de vitaminas A, E, K y C y de minerales antioxidantes Ca, Cu, Zn, Mn y Se, que fortalecen el sistema inmunológico y protegen al cuerpo contra enfermedades ^(13, 14). De igual manera, los residuos de frutas y verduras presentan ácidos grasos poliinsaturados que hacen parte de la grasa considerada saludable (omega -3 y omega-6). Se han encontrado este tipo de ácidos grasos en residuos de verduras, nueces y semillas, así como también en aceites vegetales ⁽¹⁵⁾.

El interés de estudiar los diferentes residuos se centra en la gran cantidad de compuestos bioactivos presentes que pueden ser utilizados como aditivos naturales con diferentes actividades (antioxidantes, antipardecimiento, antimicrobianos, colorantes, texturizantes, etc.) o por sus efectos beneficiosos para la salud por ser anticancerígenos, antialérgicos, antiinflamatorios, antitrombóticos, cardioprotectores, cardiodilatadores, prebióticos, anticolinérgicos, hipolipemiantes y antidiabéticos ^(2, 7, 12, 14, 16). Por lo tanto, la agroindustria busca aprovechar estas propiedades en el desarrollo de alimentos funcionales ^(7, 17).

La mayoría de las investigaciones sobre el aprovechamiento de los residuos de frutas y verduras se centra en la identificación y cuantificación de los compuestos bioactivos y el estudio de sus capacidades antioxidantes. Estos estudios se realizan a nivel de laboratorio, con pruebas *in vitro*, sin embargo, no se cuenta con un documento de revisión que centre su atención en el uso de estos compuestos bioactivos en la elaboración de alimentos funcionales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es describir el panorama actual del aprovechamiento de residuos de frutas y verduras, identificando las principales aplicaciones de los compuestos bioactivos, en la elaboración de alimentos funcionales, centrando el interés en las industrias: cárnica, láctea, panificadora y en otras industrias alimentarias.

La revisión se realizó mediante la selección y análisis de artículos científicos, artículos de revisión, capítulos de libros y documentos de sesión, publicados entre 2015 y 2023, en inglés y/o español, utilizando la ecuación de búsqueda: ((“waste”) and (“fruits” or “vegetables”) and (“bioactive compounds” or “bioactive components” or “phytochemicals” or “phenolic compounds” or “polyphenols” or “phenolic acids” or “flavonoids” or “lignans” or “hydroxybenzoic acids” or “hydroxybenzoic acids” or “gallic acid” or “coumaric acid” or “caffeic acids” or “ferulic acids” or “flavonols” or “flavones” or “flavanones” or “anthocyanidins” or “isoflavones” or “anthocyanidins” or “carotenoids” or “stilbenes” or “terpenoids” or “sulfur compounds”) and (“functional foods”))), en las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus ^(18–20). Para facilitar la selección y organización de los documentos de consulta se utilizó la herramienta Bibliometrix con R Studio 4.1, programas de código abierto desarrollado para analizar y filtrar los campos más importantes de la literatura científica en temas específicos ^(21–23).

2. Compuestos bioactivos presentes en residuos de frutas y verduras.

Dado el gran volumen de residuos de frutas y verduras a nivel global (372 millones de toneladas/año) ⁽³⁾, el interés en aprovecharlos para obtener compuestos bioactivos se centra en cuatro grupos principales de residuos: (i) del tomate, (ii) del mango, (iii) generados por los cítricos y (iv) de otras frutas y verduras. A continuación, se describe cada grupo.

2.1 Residuos del tomate

Las investigaciones en esta área son pioneras y se centran en el aprovechamiento de las cáscaras y orujo (formado por cáscaras y semillas con pequeñas cantidades de pulpa).

Cáscaras de tomate. Contienen aproximadamente 100,8 g de proteína, 256,4 g de ceniza, 786 g de carbohidratos y 299,4 g de fibra por cada kg de producto seco y es fuente de licopeno (734 µg/g de material seco), luteína, β-caroteno y cis-β-caroteno ^(13,24). Los residuos de cáscara de tomate contienen 2,5 veces más licopeno que el que se encuentra en la pulpa, representando entre el 80 - 90% del contenido total de carotenoides ⁽²⁵⁾. Contienen una gran cantidad de minerales antioxidantes entre los cuales se encuentran Ca, Cu, Zn, Mn y Se ⁽¹³⁾.

Son fuente de ácidos grasos insaturados como: linoleico (52,41%), oleico (19,14%), linolénico (4,26%) y palmitoleico (1,82%) y ácidos saturados como: palmítico (15,19%), esteárico (6,84%) y mirístico (0,34%); de aminoácidos esenciales como: valina, leucina, arginina, lisina, fenilalanina, isoleucina y metionina y de aminoácidos no esenciales como: alanina, ácido glutámico, tirosina, glicina, cisteína y ácido aspártico y es fuente de ácidos fenólicos como: ácido procatoico (5,52), ácido gálico (3,38), vainílico (3,31), catequina (2,98) y cafeico (0,50) mg/100 g ⁽¹³⁾.

Orojo de tomate. Presenta una composición promedio de 59,03% de fibra, 25,73% de azúcares totales, 19,27% de proteínas, 7,55% de pectinas, 5,85% de grasas totales y 3,92% de minerales en peso seco. La fibra de tomate puede proporcionar hasta un 80% de la fibra total dietética, dato que indica que este contenido es mayor a los reportados por otros residuos vegetales ⁽²⁶⁾. Las semillas secas extraídas del orujo contienen 202,3 g de proteína, 51,8 g de ceniza y 537,9 g de fibra por Kg de producto seco, 130 µg de licopeno/g de material seco y el contenido de otros carotenoides es la mitad del que contiene la cáscara ⁽²⁴⁾. En pieles y semillas de tomate los β-caroteno se encuentran en aproximadamente 149,8 mg/Kg de producto seco ⁽²⁶⁾.

2.2 Residuos del mango

En este grupo aparecen varios estudios que utilizan el aprovechamiento de la cáscara y la semilla del mango.

Cáscara de mango. Es rica en fibra dietética, celulosa, hemicelulosa, lípidos, proteínas, enzimas, minerales, antioxidantes (antocianinas, quercetina, compuestos fenólicos, kaempferol, mangiferina), monoditerpenos y diterpenos, enzimas, vitaminas E y C ⁽²⁷⁾. La cantidad de polifenoles varía de acuerdo con las variedades de mango y a la técnica de extracción seleccionada, como, por ejemplo: Peng *et al* ⁽²⁸⁾, identificaron 98 polifenoles en los extractos de la cáscara de mango Keitt y Kensington Pride, encontrando que la cáscara del Keitt presenta concentraciones más altas de compuestos fenólicos totales, flavonoides y taninos, al igual que una mayor capacidad de antioxidantes en comparación con la cáscara del Kensington Pride. En las dos variedades los compuestos fenólicos predominantes fueron la catequina (62,32 ± 0,01 mg/g de producto seco) y el ácido sirínico (17,78 ± 0,01 mg/g de producto seco); por otra parte Safdar *et al* ⁽²⁹⁾, mediante ultrasonido extrajeron una cantidad máxima de polifenoles de 67,58 mg de equivalente ácido gálico (GAE)/g de extracto, siendo los ácidos cumárico y fenólico los compuestos bioactivos más abundantes de los extractos de la cáscara de mango variedad Chaunsa, seguidos de los ácidos gálico y ferúlico y la epicatequina. La mirecetina fue el flavonoide en menor proporción. Ordoñez-Torres *et al* ⁽³⁰⁾, extrajeron polifenoles de la cáscara de mango variedad Ataulfo, utilizando tecnologías de ultrasonido y microondas, lograron identificar nueve compuestos polifenólicos alcanzando un total de 54,15 mg/g, la mayoría fue del tipo galotaninos.

Las responsables del color en la cáscara de mango son las antocianinas y carotenoides, cuyos valores cambian dependiendo del grado de maduración (360 a 365 mg/100g y 194 a 436 µg/g de carotenoides en cáscaras maduras, mientras que las cáscaras inmaduras tienen 90,18 a 109,7 mg/g de polifenoles) ⁽²⁷⁾.

El componente bioactivo más prominente de la cáscara es la mangiferina, en cantidad de 7,2 ± 0,2 mg/g en extractos etanólicos de la variedad de mango Chaunsa ⁽²⁷⁾. La cáscara de

Mangifera odorata L (híbrido entre mango y *M. foetida*) presenta valores altos en potasio, azufre, aluminio, calcio, manganeso, hierro y boro, es rica en carotenoides, ácido ascórbico y α -tocoferol, su piel contiene mangiferina, naringenina e isovitexina ⁽¹¹⁾.

Semilla de mango. Son una fuente de macronutrientes y micronutrientes que incluyen el calcio, potasio, magnesio, fósforo y vitaminas A, E, K y C, posee fitoquímicos como tocoferoles, fitoesteroles, carotenoides, polifenoles (galotaninos, flavonoles, derivados de la benzofenona, mangiferina, homomangiferina, isomangiferina, antocianinas, kaempferol y quercetina) y ácidos fenólicos (ácidos 4-cafeoilquínicos, ácido protocatequílico, cafeico, ácido cumárico, elágico, gálico, ferúlico y penta-O-galoil- β -D-glucosa) ^(14,31). El hueso del mango presenta una cantidad entre 32,34% a 76,81% de carbohidratos, 6% a 15,2% de grasa, 6,36% a 10,02% de proteína, 0,26% a 4,69% de fibra cruda y 1,46% a 3,71% de ceniza en peso seco ⁽¹⁴⁾.

Además, contiene almidón, fibras y es una buena fuente de grasa ya que tienen ácido palmítico, esteárico, ácido oleico y linoleico. Su contenido de proteína en la semilla es bajo, pero su calidad es muy alta ya que es rica en todos los aminoácidos esenciales como la leucina, arginina, valina, histidina, lisina, isoleucina, treonina y fenilalanina ⁽²⁷⁾.

2.3 Residuos de cítricos

En esta área los trabajos realizados se fundamentan en el aprovechamiento de residuos de la cáscara, las semillas y el orujo de las frutas cítricas como: naranja, limón, mandarina, toronja y lima.

Cáscara de cítricos. Son ricas en flavonoides, limonoides como el limoneno, alcaloides, polifenoles, vitaminas, minerales, fibras dietéticas, minerales, aceite esencial, carotenoides y pectina ^(12, 32). Los flavonoides se presentan como: glucósidos C de flavona, glucósidos O de flavona y polimetoxifalvonas (PMF), siendo los principales flavonoides (flavononas y flavonas) la hesperidina, la tangeretina, la naringina y la nobiletina ^(32,33). Los ácidos cítrico y málico son los principales ácidos orgánicos presentes en las cáscaras y en una menor proporción se encuentran el ácido oxálico, tartárico y succínico ⁽³⁴⁾.

En los residuos de la toronja (cidra en algunos países), se encuentran varios compuestos bioactivos entre ellos el iso-limoneno, citral, limoneno, compuestos fenólicos, flavononas, vitamina C, pectina, linalool, decanal y nonanal ⁽³⁵⁾. En los del pomelo, la cáscara representa el 30% del peso de la fruta, encontrándose aceites esenciales, polisacáridos y fitoquímicos como aromas activos volátiles, pectinas, flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides, cumarinas y polisacáridos ⁽³⁶⁾.

Los residuos de la naranja (dulces y amargas) contienen monosacáridos y disacáridos como glucosa, rutinosa y neohesperidosa, siendo las naranjas dulces las que presentan niveles más altos de azúcares simples ^(33, 34).

Semillas de cítricos. El aprovechamiento de las semillas de los cítricos es un campo poco estudiado. Sin embargo, se ha encontrado que las de naranjas dulces y amargas presentan buenas cantidades de aceites y fitoesteroles, carotenoides y tocoferoles ⁽³⁴⁾. En el caso de la mandarina (*C. reticulata*), el aceite de sus semillas presenta altos rendimientos en aceite y ácidos grasos esenciales como los ácidos linoleico y oleico ⁽³⁷⁾.

Orujo. En el orujo de naranjas dulces se ha encontrado los ácidos ferúlico y p-cumárico, no encontrados en las naranjas amargas, además las dulces presentan carotenoides como epoxicarotenoides y xantofilas, en abundancia y fibras dietéticas como la naringenina y la hesperetina ⁽³⁴⁾. El contenido de compuestos bioactivos puede variar con el estado de madurez y con la estación del año. Por ejemplo, se encontró en extractos metabólicos de residuos de naranja verdes de verano una mayor concentración naringina (952 ± 125 mg/g de residuos), neohesperidina (867 ± 107 mg/g de residuos) y p- sinefrina (554 ± 125 mg/g de residuos) que en residuos con otros estados de madurez y estaciones del año ⁽³⁸⁾.

2.4 Residuos de otras frutas y verduras

En este grupo se presentan diferentes investigaciones realizadas a residuos de frutas y verduras distintas a las anteriores, entre ellas podemos describir las siguientes:

Orujo de uva. Es obtenido de procesos de vinificación y es fuente rica en azúcares, vitaminas, minerales, polifenoles y macromoléculas como la celulosa, almidón, lignina, lípidos y enzimas. En estos residuos predominan compuestos fenólicos como las antocianinas (malvidina, pentunidina, cianidina, peonidina y delfinidina), ácido hidroxibenzoico y ácidos hidroxicinámicos, flavonoles, los flavan-3-oles y los estilbenos; compuestos bioactivos distribuidos en un 10% en la pulpa, un 60% en las semillas y un 30% en las pieles ⁽³⁹⁾. Las cáscaras y semillas de uva son ricas en antioxidantes entre los cuales sobresalen los compuestos fenólicos como el ácido gálico, cianidina 3- glucósido, epicatequina, galato de catequina y resveratrol ⁽⁵⁾.

Residuos de la piña. Son ricos en carbohidratos (66–88%), fibras insolubles (16–28 %) y solubles (2–4 %), y minerales (4–5 %) ⁽⁴⁰⁾. De tallos y cáscaras de piña se extrae la bromelina (enzima con acción proteolítica), en ocasiones se logra recuperar del 80 al 90% de ella activa para jugos (tallos y cáscara) lo que equivale a 0,3 g de bromelina/100 g de subproductos de piña ⁽⁴¹⁾. Los residuos de la piña poseen características prebióticas por ser buena fuente de carbono, el cual está presente en los carbohidratos y fibras, por lo tanto, se consideran una alternativa de crecimiento nutricional con costos más bajo que los tradicionales ⁽⁵⁾.

Cáscara y pulpa de plátano. La harina de plátano es un material sin gluten, rico en almidón, polisacáridos, especialmente fibra dietética (6,0–15,5%) y carbohidratos no digeribles como el almidón resistente. Contiene compuestos bioactivos naturales como fenólicos, ácidos y minerales ⁽⁴²⁾. Son una fuente principal de antioxidantes como compuestos fenólicos, antocianinas, carotenoides, esteroides y triterpenos, y catecolaminas, en cantidades más altas que los que contiene la pulpa (5,43). De igual manera, los extractos de cáscara de plátano tienen una alta capacidad para eliminar los radicales libres e inhibir la peroxidación lipídica debido a su alto contenido de compuestos fenólicos ($2,2 \pm 0,1$ g de equivalentes de ácido gálico/100 g de cáscara de plátano en base a materia seca) y catecolaminas (265 ± 52 y 30 ± 1 mg /100 g de cáscara de plátano, dopamina y L-dopa, respectivamente) ⁽⁴³⁾.

Hojas de olivo. El compuesto fenólico más representativo de las hojas de olivo es el secoiridoide oleuropeína, seguido del verbascósido, la apigenina-7-O-glucósido, la luteolina-7-O-glucósido y los fenoles simples ⁽⁴⁴⁾. La atención prestada a estos compuestos se debe sobre todo al gran número de estudios que demuestran su efecto beneficioso para la salud ⁽⁴⁵⁾. En la industria alimentaria su interés es creciente debido a que estos compuestos bioactivos presentan excelentes efectos como antioxidantes naturales y efectos antimicrobianos contra *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* y *Pseudomonas aeruginosa* ⁽⁴⁶⁾.

Cáscaras de granada. Representan aproximadamente el 40% de la fruta entera ⁽⁴⁷⁾. Los extractos de cáscara de granada presentan antioxidantes con una alta eficiencia en la eliminación de radicales libres, inhiben la oxidación del colesterol malo (LDL), además presenta una buena actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* y *Listeria monocytogenes* por lo que se ha utilizado para el desarrollo de alimentos funcionales en las industrias cárnica, láctea y panadería ⁽⁴⁷⁻⁵⁰⁾.

Hojas y tallos del brócoli. Las hojas del brócoli que representan el 15% de la biomasa aérea total, poseen un alto contenido de nutrientes (proteínas, vitamina C, minerales y oligoelementos) y compuestos bioactivos (glucosinolatos, ácidos fenólicos y flavonoides); aunque se perciben como un producto de desecho, pueden consumirse como un producto fresco valioso o como fuente de fitonutrientes ⁽⁵¹⁾. De igual manera las hojas y tallos, contienen grandes cantidades de compuestos que promueven la salud, incluida la fibra dietética, vitaminas, glucosinolatos y compuestos fenólicos con alto potencial antioxidante ⁽⁵²⁾. Esta bondad ha permitido su uso en el desarrollo de productos de panadería sin gluten como panes y productos horneados.

3. Importancia de los compuestos bioactivos sobre la salud

El estrés oxidativo, causado por un exceso de radicales libres y la falta de antioxidantes para combatirlos, puede provocar diversas enfermedades, como cáncer, cataratas, enfermedades cardiovasculares, trastornos neurodegenerativos (Parkinson y Alzheimer) y otras relacionadas con el estilo de vida ^(2, 53). El conjunto de radicales libres que pueden causar daños oxidativos se conoce como Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), que incluyen iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos tanto orgánicos como inorgánicos, siendo el anión superóxido (O_2^-), el radical hidroxilo (OH) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) los tres principales ROS de importancia fisiológica ⁽⁵⁴⁾.

En este orden de ideas, los residuos de frutas y verduras son fuentes de compuestos bioactivos con excelentes propiedades antioxidantes debida a la presencia de vitaminas A, C y E, minerales como Ca, Cu, Zn, Mn y Se y polifenoles como los flavonoides ^(13, 55). Su efecto antioxidante es debido a su capacidad de eliminar radicales hidroxilos (OH), anión superóxido (O_2^-) y oxígeno (O_2), disminuyendo de esta manera la actividad oxidativa y de radicales libres al ser secuestrantes de oxígeno y quelantes, lo que los convierte en compuestos útiles para la prevención y el tratamiento de las enfermedades producidas por el estrés oxidativo ^(5, 27).

De igual manera estos compuestos bioactivos además de presentar excelentes propiedades antioxidantes, también presentan actividades cardioprotectoras, antiinflamatorias, antidiabéticas, antiobesidad, antitumorales, neuroprotectoras, gastroprotectoras, anticoagulantes, antitrombóticos, hipocolesterolémicas, anticancerígenas, antivirales, anticatarral, protector capilar, antihipertensivas, diuréticas, antibacterianas, antifúngicas, antihelmínticas, antimicrobianas, analgésicas, antidiabéticas, estrogénicas y antiulcerosas, entre otras, convirtiéndose en una alternativa para el tratamiento de diferentes enfermedades y con un campo muy prometedor en la elaboración de alimentos funcionales ^(5, 27, 34, 35, 56-58).

Los efectos metabólicos debidos a diferentes compuestos bioactivos en los residuos de frutas y verduras, se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Compuestos bioactivos extraídos de diferentes residuos de frutas y verduras, efecto metabólico y efecto sobre la salud.

Compuestos bioactivos	Efectos metabólicos	Efectos en la salud	Residuos	Referencias
Ácidos fenólicos: Ácido procatoicoico, Ácido gálico, Ácido vainílico, Catequinas, Ácido cafeico. Minerales antioxidantes: Ca, Cu, Zn, Mn y Se. Ácidos grasos insaturados: Ácido linoleico, Ácido oleico. Ácido linoléico, Ácido palmitoleico.	Actividad antioxidante y capacidad de eliminar radicales libres. Propiedades antioxidantes. Agente cardiovascular.	Protección contra el cáncer. Protección contra cáncer y enfermedades cardiovasculares. Protección contra enfermedades cardiovasculares.	Cáscara de tomate	(13)
Carotenoides: Licopeno, β -caroteno, α -caroteno, Luteína, Zeaxantina, β -criptoxantina.	Actividad antioxidante y anti proliferación	Protección daño oxidativo. Licopeno protección contra cáncer, enfermedades cardiovasculares y mejora sistema inmunológico. Luteína y la zeaxantina previenen degradación muscular y enfermedades oculares de la edad. β -caroteno previene ceguera y muerte prematura.	Pieles, semillas, orujo y jugo de tomate.	(59) (60) (26)
Galato de etilo, Penta -o- galoil-glucósido. Ácido procatequílico (ácido 3,4 – dihidroxibenzoico), kaempferol, Linalol, Mangiferina, β-quercetina. Caroteno y β-caroteno. 5-(11Z-Heptadecenil)-resorcinol, 5-(8, Z,11, Z-Heptadecadienil)-resorcinol, Kaempferol, Mangiferina, Ácido shikímico. Kaempferol, Mangiferina, Quercetina, Ácido procatequílico, Kaempferol, Ácido procatequílico, β-mangiferina, Caroteno, Quercetina. Linalol, Mangiferina Mangiferina Ácido shikímico. Quercetina	Actividad eliminación de radicales hidroxilos (OH), anión superóxido (O_2^-) y oxígeno (O_2). Actividad antioxidante Actividad antiinflamatoria Actividad microbiana Actividad neuroprotectora. Propiedades cardioprotectoras y gastroprotectoras Propiedades anticoagulantes y antitrombóticos. Actividad para bajar presión arterial.	Actividades antitumorales, antioxidantes, anticardiovasculares y hepatoprotectoras. Beneficios en cánceres de cerebro, pulmón, cuello uterino, próstata, leucemia y mama.	Cáscara y semilla del mango	(56) (27) (58)

Compuestos bioactivos	Efectos metabólicos	Efectos en la salud	Residuos	Referencias
Polifenoles, Fibras dietéticas, Aceites esenciales, Carotenoides	Propiedades anticancerígenas, antivirales y antiinflamatorias, reduce fragilidad capilar y restringe agregación plaquetaria humana.	Efectos quimiopreventivos del cáncer, antiinflamatorio, neuroprotector y anti <i>Helicobacter pylori</i> .	Cáscaras de cítricos	(32) (33) (12)
Ácido generiloxiferúlico, Ácido boropínico, Flavanonas. Flavonas: Hesperidina, Tangeretina, Naringina, Nobiletina	Previenen la diabetes y la obesidad	Reducen riesgo de enfermedades coronarias e hipertensión. Agentes anticancerígenos y antiinflamatorios.		
Polimetoxifalvonas		Control de la diabetes y obesidad.		
Iso-limoneno, Citral, Limoneno, Compuestos fenólicos, Flavononas, Vitamina C, Pectina, Linalool, Decanal, Nonanal	Anticatarral, protector capilar, antihipertensivo, diurético, antibacteriano, antifúngico, antihelmíntico, antimicrobiano, analgésico, antioxidante, anticancerígeno, antidiabético, estrogénico, antiulceroso, cardioprotector y antihiper glucemiante	Efectos protectores contra diabetes, cáncer, hipercolesterolemia y otras enfermedades oxidativas	Cáscara y hojas de toronja (cidra)	(35)
Compuestos fenólicos, Flavonoides, Inulina.		Efectos hepatoprotector, anticancerígeno, antitumorales, antioxidantes, hipocolesterolémico, antiviral y antimicrobiano	Residuos de alcachofas y cardos	(61)
Saponinas, Flavonoides, Hidroxicinamatos, Fibra dietética		Saponinas se estudian en cáncer de colon, mama y páncreas	Residuos de espárragos	(61)
Polifenoles de alto peso molecular, Elagitaninos, Proantocianidinas, Polisacáridos complejos, Flavonoides, micronutrientes	Propiedades antioxidantes, antimicrobiana y anti-mutagénicas.		Cáscara de granada	(61)
Citrulina	Propiedades antioxidantes	Citrulina al convertirse en arginina favorece el sistema inmunitario, circulatorio y al corazón	Cáscara de sandía	(5)
Compuestos fenólicos como: ácido gálico, cianidina 3- glucósido, epicatequina, galato de catequina y resveratrol	Disminuyen la actividad oxidativa y de radicales libres.		Cáscaras y semillas de uva	(5)
Compuestos fenólicos: ácido ascórbico, tocoferol, dopamina, β -caroteno y el galocatecol.		Efecto protector contra cáncer y enfermedades cardíacas.	Cáscaras de banana	(5)

4. Aplicaciones de compuestos bioactivos obtenidos de residuos de frutas y verduras en la elaboración de alimentos funcionales

4.1 Industria cárnica

El deterioro de la carne y los productos cárnicos durante el almacenamiento, procesamiento y manipulación se debe principalmente al crecimiento bacteriano y la oxidación de los lípidos. Esto conlleva a una disminución en su vida útil y afecta su consumo, ya que la oxidación impacta el sabor, color, textura y valor nutricional^(62,63). Para combatir estos problemas, se han estudiado diferentes tecnologías de procesamiento que utilizan menos tratamientos térmicos, el desarrollo de empaques innovadores y la aplicación de compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras, los cuales actúan como antioxidantes, antimicrobianos y sustitutos de las grasas⁽⁶²⁾.

Antioxidantes

Las reacciones de oxidación en la carne y los productos cárnicos son causadas por factores externos como el oxígeno, la temperatura, la presión, así como por factores internos como el tipo de ácidos grasos, proteínas y metales⁽⁶⁴⁾. En los procesos de oxidación, los fosfolípidos son los primeros componentes de la carne que sufren oxidación lipídica, debido a que contienen ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, los cuales participan fácilmente en reacciones oxidativas, llevando a productos finales como el 4-hidroxinonenal (malondialdehído - MDA), que presenta propiedades citotóxicas y genotóxicas y puede potenciar la formación de adenocarcinomas y cáncer de colon⁽⁶⁴⁻⁶⁶⁾.

La hemoglobina y la mioglobina son proteínas que le dan color a la carne y los productos cárnicos. Debido a su fácil oxidación, se convierten en metahemoglobina y metamioglobina, confiriendo un color marrón que en estos productos no es aceptable para los consumidores⁽⁶⁴⁾. Estudios como los presentados en la tabla 2, han demostrado que agregar extractos o polvos antioxidantes de residuos de frutas y verduras ricos en polifenoles, carotenos, xantofilas, taninos, proantocianinas, vitamina E (α -tocoferol) y vitamina C (ácido L-ascórbico); puede retrasar la oxidación de las proteínas de la carne, manteniendo su color, previniendo el crecimiento de microorganismos y preservando su sabor y aroma por más tiempo, ya que presentan excelentes efectos antioxidantes por ser donantes de H⁺, donantes de electrones, inhibidores de la lipoxigenasa y quelantes de iones metálicos, prolongando así la vida útil de los productos cárnicos^(62, 64, 67).

Este aumento en la vida útil se logra mediante el uso de antioxidantes naturales (flavonoides, ácido ascórbico, azúcares reductores y carotenoides) extraídos de residuos de frutas y verduras, combinados con diferentes técnicas de conservación como refrigeración, envasado al vacío, altas presiones, irradiación, atmósferas modificadas y desarrollo de envases activos con capacidad antioxidante^(26,68-71).

Antimicrobianos

El alto contenido de agua, proteínas y lípidos en la carne y los productos cárnicos los hace susceptibles al ataque de microorganismos patógenos y de descomposición, lo que reduce su calidad, valor nutricional y vida útil. Sin embargo, el uso de conservantes naturales como polifenoles, compuestos de azufre, aldehídos y terpenos, junto con diversas tecnologías de envasado, ha ayudado a mitigar estos problemas ⁽⁶²⁾.

Los compuestos polifenoles, azufrados y ácidos orgánicos en residuos de frutas y verduras actúan como antimicrobianos al interactuar con la pared celular y la membrana bacteriana, al aumentar su permeabilidad, previniendo la formación de biopelículas al disminuir el mecanismo adhesivo, además de inhibir las enzimas microbianas, interferir en la regulación de proteínas y privar a las enzimas de las células bacterianas de sustratos e iones metálicos ⁽⁷⁸⁾.

Como se observa en la tabla 3, el uso de compuestos bioactivos con capacidades antimicrobianas en productos cárnicos, combinados con diferentes tratamientos de conservación, ha demostrado la reducción de recuentos de bacterias mesófilas aerobias, *Enterobacteriaceae* y *Pseudomonas* sp. y, además, han mostrado resultados de inhibición positivos para *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* O157:H7 y otras cepas bacterianas, datos que refuerzan la posibilidad de utilizar estos compuestos bioactivos como sustitutos de conservantes sintéticos, tendencia creciente que requiere investigar concentraciones efectivas para mantener las propiedades sensoriales (color, sabor, aroma, textura) y tecnológicas ^(46, 69, 70, 73, 79).

Tabla 2. Residuos de frutas y verduras utilizados como agentes antioxidantes en carne y productos cárnicos.

Residuos	Concentración	Productos cárnicos	Efectos	Referencias
Cáscara de cebolla	0,05 % extracto de cáscara de cebolla	Emulsión carne de cerdo (tipo salchicha) irradiada, refrigerada durante 4 semanas	Disminuye oxidación de lípidos que aumenta por la irradiación (10 kGy)	(70)
Cáscara de Pitaya	Antioxidantes micro encapsulados (100 y 1000 ppm), 49,5 mg equivalentes ácido gálico/g microcápsulas.	Hamburguesas de cerdo molidas sometidas a altas presiones (500 MPa - 10 min) almacenadas a 4 °C	Previene la oxidación de proteínas (30%) comparadas con tratamiento sin antioxidantes. Efecto similar al tratamiento con antioxidante sintético (BHT)	(68)
Alcachofa	27,3 mg de polifenoles (apigenina, luteolina y derivados del ácido clorogénico)/100 g de carne.	Hamburguesas de carne cruda almacenadas en refrigeración.	Reduce (15%) hidroperóxidos, (40%) carbonilos y (26%) aldehídos insaturados, comparado con BHT (10 mg/100 g de carne) al 7 día de almacenamiento.	(72)
Cáscaras Jabuticaba (fruta brasileña)	Extractos de cáscaras y semillas (2% y 4%) microencapsulado.	Salchichas frescas de cerdo refrigeradas 15 días	Oxidación lipídica disminuyó a 0,01 y 0,02 mg malondialdehído/kg frente a 0,60 mg de malondialdehído/kg de muestra control. Extracto al 4% influyó negativamente el color, textura y aceptación general	(73)
Flores masculinas de plátano	Extractos Flores masculinas de plátano (FMP) al 0,5, 1, 1,5 y 2%	Salchichas almacenamiento refrigerado 28 días.	Actividad antioxidante efectiva. No cambió pH, aw y color. No se afecta calidad sensorial hasta un 2 % de FMP.	(74)
Hoja de plátano	Extracto de hoja de plátano. No especifica cantidad utilizada.	Filete de trucha arco iris	El extracto inhibió oxidación de lípidos en filete durante la congelación comparado con filete congelarlo en bolsas de plástico durante 40 días	(75)
Orujo de arándanos	1% y 2% de polvo liofilizado/ peso hamburguesa	Hamburguesas de cerdo cocidas almacenadas en refrigeración.	Retraso en oxidación de lípidos. Mejoró consistencia y jugosidad de productos por el aumento en la capacidad de retención de agua.	(76)
Hojas de olivo irradiadas a 10 kGy	2 a 3 ml extracto de hoja de olivo (EHO)/100 g de carne	Carne picada	Reducción (58 %) TBAR (sustancias reactivas) con 5 % de EHO durante seis días. Adición de EHO no influyó negativamente aceptabilidad y amargor del producto. Aumento vida útil de 1 a 3 y 4 semanas en almacenamiento refrigerado.	(46)
Hoja de olivo y piel de avellana	Extracto de hoja de olivo y piel de avellana (HOPA). No especifica cantidad utilizada.	Nuggets de pollo recubiertos con matriz a base de alginato de sodio y cloruro de calcio que incluía HOPA (M_1), o agregados a Nuggets (M_2).	Después 21 días (almacenamiento refrigerado), valores de TBAR (sustancias reactivas) fueron más bajos en M_2 comparados con M_1 . En muestras congeladas M_1 y M_2 redujeron oxidación de lípidos más que el control.	(77)

Tabla 3. Residuos de frutas y verduras utilizados como agente antimicrobiano en carne y productos cárnicos.

Residuos	Concentración	Productos cárnicos	Efectos	Referencias
Cáscara de cebolla	0,05 % extracto cáscara de cebolla (ECC)	Emulsión carne de cerdo (tipo salchicha) irradiada (10 kGy), refrigerada durante 4 semanas	El tratamiento con ECC mostro poblaciones microbianas más bajas que otro tratamiento.	(79)
Hojas de olivo irradiadas a 10 kGy	2 a 3 ml de extracto de hoja de olivo/100 g carne	Carne picada	Mayor efecto antimicrobiano contra <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Salmonella typhimurium</i> .	(46)
Hoja de olivo	125, 250 y 500 ppm de extracto de hoja de olivo	Salchicha fermentada seca turca	Reducción recuento bacterias ácido lácticas y bacterias mesófilas aeróbicas totales durante el almacenamiento.	(45)
Hoja de olivo y piel de avellana	Extracto de hoja de olivo y piel de avellana (HOPA). No especifica cantidad utilizada.	Nuggets de pollo recubiertos con matriz a base de alginato de sodio y cloruro de calcio que incluía HOPA (M_1), o agregados a nuggets (M_2).	Después de 21 días (almacenamiento refrigerado) número total de bacterias mesófilas y psicrófilas fue más bajo en M_2 . En muestras congeladas ambos tratamientos redujeron el crecimiento bacteriano.	(77)
Cáscara de granada	Nanopartículas liofilizadas de cáscara de granada (NCG) al 1 y 1,5%	Albóndigas en almacenamiento (4 ± 1 °C) durante 15 días	Carga microbiana de las muestras con NCG fue menor que el control durante el almacenamiento.	(47)
Espino amarillo y semilla de uva	0,3 % extracto de espinillo amarillo + 0,1 % extracto semilla de uva.	Hamburguesas de cerdo condiciones aeróbicas y empacadas en atmósferas modificadas. (50 % CO_2 : 50 % N_2) a 4 ± 1 °C, 35 días de almacenamiento.	Recuento en placa estándar, psicrófilos y coliformes fueron más bajos en los productos tratados que en control. El recuento microbiano fue mejor en muestras empacadas en atmósferas modificadas que en condición aeróbica.	(69)
Cáscaras de Jaboticaba (fruta brasileña)	Extractos acuosos de cáscaras y semillas (ECS) al 2% y 4% microencapsulado	Salchichas frescas de cerdo refrigeradas durante 15 días	Gran potencial antimicrobiano (antocianinas), sobre bacterias Gram positivas y Gram negativas. La concentración mínima inhibidora para <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 y <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 de ECS fue: 18,75 g/L (~2%).	(73)

Sustitutos de la grasa

En los productos cárnicos, la grasa es crucial para la textura, apariencia, jugosidad, sabor y dureza, aportando textura y aspectos sensoriales. Reducir la grasa puede causar problemas como colores menos atractivos debido a las reacciones entre carbohidratos de los sustitutos de la grasa y los aminoácidos de la carne; además se puede presentar desestabilización de las emulsiones cárnicas ya que la grasa actúa como estabilizador de las redes tridimensionales ⁽⁶²⁾.

Se están investigando sustitutos de grasa derivados de frutas y verduras, como pectinas, fibras insolubles y almidones, que pueden retener agua, formar geles y redes tridimensionales, estabilizar emulsiones, proporcionar viscosidad y adhesividad, pese a estas bondades como se puede apreciar en la tabla 4, estos sustitutos pueden provocar problemas como aumento de dureza, y cohesividad, disminución en el tamaño y modificaciones de color y perfil sensorial ⁽⁸⁰⁻⁸³⁾.

4.2 Industria láctea

En la actualidad la industria láctea está desarrollando nuevos productos funcionales mediante la reducción o cambio de algún componente de la leche y la adición de compuestos bioactivos como prebióticos, antioxidantes, micronutrientes y ácidos grasos insaturados como el omega-3, compuestos que se añaden directamente o mediante encapsulación ⁽⁸⁴⁾. Para la incorporación directa se utiliza polvo liofilizado de probióticos y prebióticos como oligosacáridos e inulina en yogures, quesos, mantequillas y helados, o mediante la deshidratación y molienda mecánica para incorporar fibra dietética extraída de residuos de frutas y verduras en la elaboración de yogur, queso y leche ⁽⁸⁵⁻⁸⁷⁾.

El consumo de lácteos con adición de fibra como en el caso del yogur ha demostrado efectos benéficos en la modulación de apetito y la saciedad, al igual que la adición de compuestos antioxidantes como fitoesteroles, antocianinas y taninos incorporados a matrices como el queso y yogur ha demostrado efectos en la reducción del colesterol LDL en adultos con hipercolesterolemia ^(85, 86).

La adición directa de compuestos bioactivos a los productos lácteos puede ocasionar cambios físicos, químicos y organolépticos no deseados en su calidad final ⁽⁸⁸⁾. Por tanto, la estrategia más efectiva es la encapsulación debido a que protege el compuesto de interés al tiempo que permite conservar las características organolépticas, aumenta la biodisponibilidad del nutriente, logrando mejores beneficios para la salud del consumidor y una mayor aceptación del producto final ⁽⁸⁹⁻⁹¹⁾.

La microencapsulación y la nanoencapsulación se han convertido en técnicas muy prometedoras para superar los inconvenientes de la inestabilidad de los fenoles permitiendo aumentar su biodisponibilidad y vida media y para enmascarar sabores desagradables, permitiendo una liberación controlada del encapsulado en la matriz, maximizando así sus actividades tecnológicas y biológicas. Sin embargo, la selección del proceso de microencapsulación está relacionada principalmente con la termosensibilidad y solubilidad de los compuestos bioactivos ⁽⁴⁴⁾.

En productos lácteos con alto contenido de grasa (mantequilla y queso), los estudios se enfocan en retardar la oxidación de los lípidos mediante el uso de compuestos bioactivos ^(49, 50, 92, 93). En cuanto a la elaboración de productos fortificados con compuestos bioactivos, las investigaciones buscan lograr una fortificación adecuada sin afectar la supervivencia de los microorganismos involucrados en los procesos de fermentación, como los probióticos, así como el desarrollo de prebióticos que sirvan de combustible para las bacterias probióticas, lo que, a su vez, promueve la producción de sustancias probióticas que previenen el crecimiento de bacterias patógenas ⁽⁹⁴⁻¹⁰⁰⁾.

Sin embargo, la adición de compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras puede ocasionar efectos positivos o indeseables sobre la evaluación sensorial del producto, debido a: (i) dosis utilizada, (ii) presentación de compuesto bioactivo (polvo o extracto) y (iii) matriz láctea utilizada ⁽⁹³⁾.

En la tabla 5, se puede observar el uso de diferentes residuos de frutas y verduras y su potencial como antioxidantes, antimicrobianos, prebióticos y como insumos que aumentan el contenido fenólico y de fibra en productos lácteos.

Tabla 4. Residuos de frutas y verduras utilizados como sustituto de la grasa en productos cárnicos.

Residuos	Concentración	Productos cárnicos	Efectos	Referencias
Orujo de tomate (piel, semillas y material fibroso)	Pectina de tomate (PT) como reemplazo de grasa (12,5 y 25 %)	Hamburguesas ternera bajas en grasa	PT presentó capacidades de: hinchamiento 4,50 ml/g, retención agua 3,57 ml/g y retención aceite 2,65 ml/g. La hamburguesa mostró disminución en pérdida por cocción y reducción del diámetro. Niveles de reemplazo de grasa de 12,5% y 25 % de PT tuvieron mayor aceptación.	(81)
Orujo de manzana	Polvo de orujo de manzana como sustituto de grasa (1–5 %)	Carne molida emulsionada tipo Goshtaba bajas en grasa	Aumento proteína, humedad y cenizas, disminuyo grasa. Sustitución de grasa por pectina (1–5%) mejora retención de agua, cambios en diámetro y oxidación de lípidos. Reducción 50% grasa y 1 y 3% fibra presentaron características sensoriales y textura similares al producto con 100% de grasa.	(82)
Subproductos de la piña	Polvo de piña (PP) como sustituto de la grasa al 1,5%	Hamburguesas de ternera bajas en grasa	Cambió color (escala roja) y bajo pH (6,20 a 5,97) en comparación con control 100% grasa, efectos que desaparecieron con la cocción. La fibra presente en PP, evitó pérdida de agua y aceite de cocina hasta en 71,5%, con menor reducción del diámetro de 68,1% en comparación con el control.	(83)
Plátano verde	Mezcla piel de cerdo, agua y harina de plátano verde proporciones. (1:2:2)	Embutidos tipo Bolonia	Disminuyó contenidos de grasa, aumentó niveles de humedad, almidón resistente y cenizas. Menores pérdidas por cocción y mayor estabilidad de emulsión. 60% grasa de sustitución no influyó color, textura y aceptabilidad sensorial.	(80)

Tabla 5. Residuos de frutas y verduras utilizados para mejorar la vida útil y propiedades funcionales en productos lácteos.

Residuos	Concentración	Productos Lácteos	Efectos	Referencias
Cáscaras y semillas de tomate	400 y 800 mg extracto cáscaras y semillas de tomate (ECST) /kg mantequilla.	Mantequilla tradicional (4 °C)	400 mg de ECST/kg mantequilla, inhibió formación de peróxido, dienos conjugados y degradación de ácidos grasos insaturados en productos de oxidación. Concentraciones más altas presentaron prooxidación.	(92)
Cáscara de granada	Polvo extracto cáscara de granada (PEG) (0,5, 1 y 1,5%).	Cuajada refrigerada (5°C)	PEG aumentó actividad antioxidante y fenoles totales (TPC). Cuajada (1%) de PEG mejor actividad antioxidante y atributos sensoriales aceptables. Resistencia al aumento del recuento microbiano, cambio de acidez y sinéresis del suero. Aumentó seis días la vida útil.	(50)

Residuos	Concentración	Productos Lácteos	Efectos	Referencias
Pequi (nuez souari)	6,25 ml extracto pequi (EP)/L leche pasteurizada	Queso Minas Frescal de cabra	Queso con EP más estable en parámetros bacteriológicos, texturales y de color. Menor efecto sobre cultivo láctico (deseable). El EP añadido a leche presentó mejor firmeza y consistencia durante el almacenamiento.	(101)
Residuos jugo de uva	Polvo residuos jugo de uva (PU) (2,5%, 5% y 10%).	Helados, 40 días de almacenamiento	Mayor concentración compuestos fenólicos y actividad antioxidante. PU de 2500 a 10000 mg/100 g, el contenido de fenoles totales (TPC) mejoró 4,6 y 11,7 veces, respectivamente.	(102)
Subproductos de guayaba, naranja y maracuyá	Polvo al 1% de subproductos de frutas (guayaba, naranja y maracuyá) (GNM).	Leche de cabra fermentada con probióticos y productos fermentados a base de cereales.	GNM no afectó tiempo de fermentación de bebida de avena ni de leche de cabra, pero aumento 0,28 y 0,91 horas en tiempo de fermentación de bebidas de arroz. Aumento acidificación sin afectar recuento de bacterias probióticas. Mejoró resistencia de probióticos, población 2 log UFC/mL mayor que el control.	(96)
Cáscara y orujo de piña.	Polvo de cáscara y orujo de piña (PCOP)	Yogur	PCOP aumento 0,3 a 1,4 ciclos logarítmicos en poblaciones de probióticos. Aumentó actividades antioxidantes. Mostraron actividades antimutagénicas (18,60–32,72 %) como inhibidores de azida sódica en prueba mutagenicidad de <i>Salmonella</i> .	(100)
Piel de naranja	Pectina de cáscara de naranja (PCN) 600 mg/100 g de leche	Yogur	PCN al 0,6% mejoró viscosidad, adhesividad y cohesividad. Durante fermentación se observó mejor proliferación de <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .	(94)
Hoja de olivo	Nanoliposomas de extracto hojas de olivo (HO)	Yogur	HO en yogur mejoró actividad antioxidante y, a diferencia del yogur con HO no encapsulado, no se observaron cambios significativos en color y atributos sensoriales e incluso se minimizó la tasa de sinéresis.	(103)
Hoja de olivo	Extracto de hoja de olivo (EHO) (0,1, 0,2 y 0,4%, v/w).	Yogur albaricoque bajo en grasa	EHO afectó recuento de <i>Streptococcus thermophilus</i> . Disminuyó la capacidad de retención de agua. La viscosidad de muestras con EHO no fueron significativamente diferentes de muestras de control excepto día 15. El yogur 0,4% de EHO tuvo la mayor actividad antioxidante.	(99)
Pulpa del plátano verde	Concentraciones pulpa de plátano verde (PPV) (3%, 5% y 10% p/v).	Yogures con <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> y <i>Lactobacillus acidophilus</i>	PPV estimuló la multiplicación de <i>L. acidophilus</i> después del primer día de fermentación y de <i>B. bifidum</i> después de siete días de almacenamiento. PPV tiene potencial prebiótico sin interferir en características fisicoquímicas ni sensoriales.	(97)

4.3 Industria panificadora

Los productos de panadería están sujetos a presentar deterioros de tipo físico, químico y microbiológico. El deterioro físico está asociado a la pérdida de humedad y el envejecimiento; el químico debido a los procesos de rancidez y el microbiológico asociado al crecimiento de levaduras, mohos y bacterias; los cuales están influenciados por factores internos como el contenido de humedad, la actividad acuosa, el pH y la cantidad de conservante utilizado y a factores externos como la temperatura de almacenamiento, la humedad relativa, los materiales de embalaje y el ambiente gaseoso que rodea a los productos ⁽⁴⁴⁾.

En la tabla 6, se resumen estudios en la industria panificadora que utilizaron residuos de frutas y verduras. La harina de trigo es la principal materia prima en los productos de panadería y es rica en energía y nutrientes, sin embargo, tiene una baja actividad antioxidante debido a que los compuestos bioactivos se encuentran en la capa de salvado y aleurona, motivo por el cual, las investigaciones se centran en incorporar ingredientes bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras en productos como pan, pasteles, galletas, bizcochos, “muffins”, entre otros ⁽⁹³⁾.

La forma como se trabajen los residuos de frutas y verduras (polvo, harina o extractos) generan un impacto directo sobre los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de los productos desarrollados; ya que por lo general el trabajar con polvo o harina de residuos aumenta significativamente el contenido de fibra dietética total (TDF), por el contrario, las concentraciones de extracto presentan valores más altos de contenidos fenólicos totales (TPC) y potencial antioxidante (ensayos FRAP y DPPH) en comparación con la dosis más alta de polvos o harinas ^(44, 48, 93, 104, 105).

Incorporar compuestos bioactivos como los polifenoles en productos de panadería tiene efectos positivos como elevar la actividad antioxidante, eliminar toxinas generadas durante el proceso térmico y disminuir la glucosa sérica postprandial (nivel de glucosa en sangre después de comer); sin embargo, también conlleva efectos negativos en el color, la textura y el sabor de los productos, por lo que el nivel de sustitución de residuos de frutas y verduras debe ser estudiado ⁽²⁶⁾.

La fibra dietética extraída de residuos de frutas y verduras se utiliza en formulaciones de productos de panadería debido a su capacidad para reducir el contenido calórico, contener compuestos fenólicos y carotenoides que mejoran la actividad antioxidante, y mejorar las funciones fisiológicas ya que los productos de panadería tienen bajo contenido de fibra ^(98,106).

La sustitución parcial de residuos de frutas y verduras en productos de panificación aumenta el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante, así como la fibra, lo que permite obtener productos funcionales con valor añadido; sin embargo, los trabajos desarrollados señalan que se debe investigar la calidad sensorial de los productos enriquecidos, ya que el nivel de reemplazo puede tener efectos negativos en los atributos sensoriales y la aceptación por parte del consumidor ⁽¹⁰⁷⁾.

4.4 Otras industrias alimentarias

Como se puede apreciar en la tabla 7, las industrias alimentarias han centrado su interés en desarrollar alimentos funcionales mediante el enriquecimiento de sus formulaciones con el uso de compuestos bioactivos provenientes de residuos de frutas y verduras, para ello se han estudiado su uso como: (i) aportantes de la fibra dietética en pasta de tomate y mermelada para diabéticos ^(114,115), (ii) aumento en el contenido fenólico total y/o actividad antioxidante como en el aceite de oliva, aceites refinados de oliva y aceite de girasol enriquecido con antioxidantes (licopeno), puré de frutas y bebidas de frutas (jugo de mango, naranja, manzana) ^(43,116–120) y (iii) su capacidad de complementar acciones antioxidantes y antimicrobianas en la elaboración de recubrimientos comestibles como en el caso de retrasar la maduración en cerezas dulces o evitar la pudrición postcosecha de las naranjas ^(121,122).

Los resultados han mostrado que independientemente del tipo de alimento objeto de estudio, los niveles de adición de los residuos de frutas y verduras (polvo, harina o extractos) influyen directamente sobre la calidad sensorial de los alimentos involucrados, efectos adversos provenientes de la naturaleza de la partícula y la escala de insolubilidad que pueda presentar el residuo incorporado, lo que conduce en algunos casos a una mala compatibilidad con la matriz alimentaria ^(93,123).

Tabla 6. Diferentes estudios desarrollados en la industria de panificación donde se utilizaron residuos de frutas y verduras.

Residuos	Concentración	Producto de panificación	Efectos	Referencias
Semillas de tomate	Sustitución harina de trigo de tarhana por 15%, 25% y 35% harina de semillas de tomate.	Tarhana	Aumentaron valores de proteína, aceite, fibra dietética insoluble, fibra dietética total, cenizas, minerales, contenido fenólicos totales y valores de actividad antioxidante y contenidos de lisina, fenilalanina, treonina, serina, alanina, glicina, histidina, ácido aspártico, arginina y tirosina.	(105)
Orujo de tomate	Polvo orujo de tomate (POT) (5, 10, 15, 20 y 25%).	Galletas	Aumentó proteína cruda y cenizas de galletas (20, 25% de POT). Disminuyó valores de luminosidad, aumentó valores de enrojecimiento y amarillez. Galletas 5% de POT son aceptables al consumidor.	(104)
Orujo de uva	Polvo orujo uva vinícola (POU) (5, 10, 15 y 20 %).	Galletas	Aumentó propiedades antioxidantes (poder antioxidante reductor férrico, contenido total de fenoles, flavonoides y antocianinas). Adición 5 % de POU obtuvo puntuación máxima en pruebas organolépticas.	(108)
Cáscara de mango maduro.	Polvo cáscara de mango maduro (1, 3 y 5 %).	Pan integral	Mejor concentración: 3 g/100 g de harina. Aumentó contenido de fenoles totales (TPC) (220 a 507 mg eq. ácido gálico/100 g), la inhibición de DPPH (22 a 50%) y valores de capacidad de reducción del hierro (FRAP) (159 a 1124 mM FeSO ₄ ·7H ₂ O/100 g).	(109)
Subproductos de piña, manzana y melón.	Harinas piña, manzana y melón (5%, 10% y 15%).	Galletas	Galletas 15% harina de melón presentaron mejores puntajes nutricionales: fibra (4,67-6,46%) y cenizas (1,74-2,25%). Galletas 15% subproducto de piña presentaron aceptación del 97% e intención de compra del 53%.	(110)
Plátano verde	Harina plátano verde (2, 8, 15%)	Panes sin gluten (plátano verde, harina alternativa y almidón de yuca, 45/50)	Formulación: guisantes + 8% harina de plátano, quinua +15% harina de plátano y lentejas + 15% harina de plátano; perfiles cercanos a control (pan de trigo), presenta mayor contenido de fibra y menor contenido de carbohidratos.	(42)
Coproducto camu-camu (fruta exótica de la amazonia)	Polvo camu-camu como reemplazo de harina de trigo (5% al 20%).	Galletas	Sustitución (20%) no afectó propiedades físicas de galletas respecto a galletas control, mejorando fenólicos totales y potencial antioxidante.	(111)
Cáscara de granada y residuos de naranja.	Extracto cáscara de granada encapsulado con residuos del zumo de naranja (5000 ppm).	Galletas	Hornear provoca pérdida total del contenido fenólico (65 – 76%) en extracto encapsulado y crudo respectivamente. La encapsulación tiene efectos significativos en retención y actividades de compuestos fenólicos en comparación de no encapsulados. No se presenta pérdida de calidad sensorial.	(112)
Cáscara de granada	Extracto cáscara de granada (CG) y bagazo de cáscara de granada (BG) (0,25 a 1,0 % y de 1,5 a 7,5 % respectivamente).	Galletas de harina de trigo	Galletas 7,5% de BG disminuyeron contenido calórico y aumentaron fibra dietética. Mejoró contenido fenólico y poder antioxidante reductor férrico. Galletas con CG, inhibieron número de ácido tiobarbitúrico (67%) y redujeron recuentos de aeróbicos (2,04–1,30 log 10 ufc/g) y levaduras/mohos (1,70–1,05 log 10 ufc/g). Galletas con BG presentaron valores bajos en textura, otras combinaciones fueron aceptables sensorialmente.	(48)
Lechuga	Harina desechos lechuga (HL) como sustituyente parcial de harina de trigo (26, 53, 170 y 575 g/ kg).	Pan	HL aumentó contenido de polifenoles (hasta 3,4 g GAE/kg) y mejoró actividad antioxidante (200 %). Pan con 170 y 575 g/ kg de HL presentó propiedades sensoriales y aceptabilidad comparables a las del pan integral con contenido similar de salvado de centeno.	(113)

Tabla 7. Residuos de frutas y verduras utilizados para la elaboración de diferentes alimentos funcionales.

Residuos	Concentración	Productos	Efectos	Referencias
Orujo de tomate	Orujo tomate liofilizado y polvo reemplazando 2% de pasta de tomate.	Pasta de tomate	Aumentó fibra (3,18 g/100 g fibra dietética total). Propiedades reológicas del ketchup fueron similares a productos de tomate. El producto presentó propiedades sensoriales más similares al tomate fresco o ligeramente procesado.	(115)
Orujo de tomate	Orujo tomate liofilizado (OTL) en cantidades 13,4g a 17,6g según la formulación.	Mermelada de albaricoque para diabéticos	Mermeladas con OTL presentaron 15 y 20 veces más fibra dietética. Las mermeladas presentaron menor contenido total de carbohidratos (17,23–43,81%) y menor valor energético (87,1–193,7 kcal/100 g) en comparación con productos comerciales.	(114)
Semillas y la piel del tomate	Experimento 1: a) 40 Kg olivo + 1 Kg residuos tomate descongelado, b) 40 Kg olivo + 0,240 Kg residuos tomate liofilizado. Experimento 2: a) 60 Kg olivo + 1,125 Kg residuos de tomate descongelado, b) 60 Kg olivo + 0,270 Kg residuos tomate liofilizado.	Aceite de oliva enriquecido con antioxidantes (licopeno)	El aceite mostró enriquecimiento en carotenoides, especialmente licopeno (5,4 y 7,2 mg/kg aceite de subproductos descongelados y liofilizados, respectivamente).	(117)
Cáscara de tomate	Oleoresina rica en licopeno a concentraciones de 250, 500, 1000 y 2000 µg/g	Aceites refinados de oliva y girasol almacenado durante cinco meses.	Mejores resultados con concentración de 250 µg/g y 2000 µg/g de oleoresina de cáscara de tomate, refiriéndose a 5 µg/g y 40 µg/g de licopeno, para la estabilización oxidativa del aceite refinado de oliva y aceite de girasol, respectivamente. El efecto protector de la oleoresina contra la oxidación primaria de estos aceites refinados se correlacionó significativamente con su contenido de licopeno.	(119)
Semillas de tamarindo	Polvo de semilla de tamarindo (PST) (1 y 10 %).	Jugo de mango	PST aumentó pH, viscosidad, contenido fenólico total ($6,84 \pm 0,21$ a $88,44 \pm 0,8$ mg de ácido gálico/100 mL); flavonoide ($4,64 \pm 0,03$ – $21,7 \pm 0,36$ mg equivalentes de catequina/100 ml); taninos condensados ($0,24 \pm 0,01$ – $21,81 \pm 0,08$ mg equivalentes de catequina/100 mL) y actividad antioxidante total ($4,65 \pm 0,88$ – $21,70 \pm 0,03$ mg de vitamina C/100 mL) y redujo acidez titulable. Un 1,5% de PST presentó la mejor aceptabilidad sensorial.	(120)
Cáscara de plátano.	Extracto cáscara de plátano (ECP)	Jugo de naranja recién exprimido y jugos concentrado.	Aumentó capacidad de eliminación de radicales libres en ambos jugos. Cantidades ≥ 5 mg de ECP/ ml de producto aumento capacidad antioxidante. 5 mg de ECP/ml de jugo no modificó las características fisicoquímicas y sensoriales de ningún jugo; pero, se detectaron cambios en características sensoriales al agregar 10 mg de ECP/ ml de jugo de naranja.	(43)
Hojas y tallos de coliflor	Extractos de coliflor (EJC) (10 -40%).	Bebida jugo de manzana enriquecida con isotiocianatos	Aumentó contenido de isotiocianatos, siendo los valores más altos los del 40 %. Se encontraron diferencias significativas en olor y sabor en jugos de manzana que contenían 20% y 40% de EJC. La bebida con 10% de extracto añadido conservó las propiedades sensoriales.	(116)
Orujo de frambuesa	Extracto orujo de frambuesa (EOF) (2%).	Puré de frutas: (1) peras/manzanas/ciruelas cerezas amarillas y (2) manzanas/grosellas negras	Aumentó contenido fenólico total (TPC) de 108,8 a 345,8 y de 176,1 a 396,2 mg/100 g en el puré (1) y (2), respectivamente. Aumentó el contenido total de antocianinas (TAC), concentraciones de ácido elágico y elagitanino y capacidad antioxidante de los purés, al aumentar la concentración del EOF. Concentraciones altas de extracto ocasionaron mayor amargor y astringencia de los productos, se recomienda EOF en purés de hasta el 1,6%.	(118)
Hoja de olivo	Recubrimiento quitosano (1%) y alginato (3%) enriquecidos con extracto de hojas de olivo (OLE) (1%).	Cerezas dulces con recubrimiento de películas comestibles.	Se retrasó la maduración y el aumento de antocianinas con el uso de recubrimientos. El ácido ascórbico y el contenido fenólico total se registraron con pérdida restringida al final de 20 días de almacenamiento en muestras recubiertas con OLE. Se informaron valores más altos de actividad antioxidante en correlación con el contenido fitoquímico.	(122)
Cáscara de granada	Recubrimientos comestibles con quitosano y goma de algarrobo con extracto de cáscara de granada en agua (QACG) o extracto de cáscara de granada en metanol (QACGM).	Naranjas con recubrimiento comestible.	0,361 g de QACGM seco/mL, redujo significativamente la incidencia de enfermedades DI en un 49% y un 28% respectivamente. Además de QACG, la adición de células de <i>W. anomalus</i> a los recubrimientos reforzó el efecto antifúngico, como lo demuestra la reducción significativa de DI (hasta 95 y 75% respectivamente).	(121)

Recomendaciones en el uso de compuestos bioactivos obtenidos de residuos de frutas y verduras en la elaboración de alimentos funcionales.

Aunque el aprovechamiento de los residuos de frutas y verduras para la extracción de compuestos bioactivos es un campo bastante estudiado desde 2015, la mayoría de las investigaciones propuestas se centran en la identificación y cuantificación de los compuestos bioactivos y el estudio de sus capacidades antioxidantes, a nivel de laboratorio con pruebas *in vitro*, por lo tanto, es importante considerar que los futuros estudios en este campo deben avanzar hacia:

- Investigaciones que busquen establecer dosis óptimas, toxicidad, bioaccesibilidad y biodisponibilidad, eficiencia terapéutica y los beneficios reales de los compuestos bioactivos, mediante evidencias clínicas que corroboren los beneficios en la salud ^(12,14,32,34,36,60)
- Estudios integrales y de factibilidad que no sólo incluyan la recuperación de compuestos bioactivos y técnicas de extracción optimizadas mediante pruebas de laboratorio, sino que también permitan escalar estos estudios a nivel de planta piloto y de producción industrial, centrándose en aplicaciones específicas, evaluando los costos asociados y los mercados existentes ^(27,36,123).
- Verificar el uso de tecnologías de procesamiento y formulación como las nanopartículas, nanoemulsión, microencapsulación, extrusión y alta presión para mejorar las funciones fisiológicas de los componentes menos solubles (fibras y aceites esenciales) y su aplicación en la producción de alimentos funcionales ⁽³⁴⁾.
- Estudiar a más profundidad los aspectos sensoriales y nutricionales de los productos elaborados con la adición de compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras ya que a pesar de que se presentan beneficios nutritivos, con frecuencia se produce inevitablemente pérdida de la calidad sensorial haciendo que los alimentos desarrollados corran el riesgo de ser rechazados por los consumidores ^(6,14,27,123).
- A pesar de que la utilización de compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras es cada vez más común y aunque su uso industrial no parece ser inminente, se debe trabajar en normativas que legisle la inclusión de estos compuestos en los alimentos funcionales ⁽⁶³⁾.

5. Conclusiones

El interés en el aprovechamiento de residuos de frutas y verduras para obtener compuestos bioactivos se enfoca en cuatro grupos principales: tomate, mango, cítricos y otros tipos de frutas y verduras; residuos ricos en compuestos bioactivos como fibra dietética, vitaminas, minerales y fitoquímicos, los cuales incluyen compuestos fenólicos, terpénicos, azufrados y nitrogenados, siendo los compuestos fenólicos, terpénicos y la fibra dietética los más estudiados para su uso en alimentos funcionales.

Los compuestos bioactivos presentes en los residuos de frutas y verduras como: vitaminas A, C y E, minerales (Ca, Cu, Zn, Mn y Se) y polifenoles, tienen excelentes propiedades antioxidantes debido a su capacidad de eliminar radicales hidroxilos (OH), anión superóxido (O_2^-) y oxígeno (O_2), disminuyendo de esta manera la actividad oxidativa y de radicales libres al ser secuestrantes de oxígeno y quelantes, lo que los convierte en compuestos útiles para la prevención y el tratamiento de las enfermedades producidas por el estrés oxidativo.

Los compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras muestran una amplia gama de actividades beneficiosas que incluyen propiedades cardioprotectoras, antiinflamatorias, antidiabéticas, antitumorales, neuroprotectoras, gastroprotectoras, anticoagulantes, hipocolesterolémicas, anticancerígenas, antivirales, entre otras. Estos

beneficios abren muchas alternativas promisorias para la industria alimentaria en el desarrollo de alimentos funcionales, así como en industrias como la cosmética y farmacéutica.

En la industria cárnica, se investiga el uso de compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras como antioxidantes, antimicrobianos y sustitutos de las grasas para combatir el deterioro y la disminución de la vida útil causados por el crecimiento de microorganismos y la oxidación de los lípidos. Los polifenoles, carotenos, xantofilas, taninos, proantocianinas y vitaminas (E y C) tienen efectos antioxidantes, mientras que los polifenoles, compuestos de azufre, aldehídos y terpenos poseen propiedades antimicrobianas. Además, las pectinas, fibras insolubles y almidones se investigan como sustitutos de las grasas. El aumento de la vida útil en estos productos se atribuye a la utilización de antioxidantes y antimicrobianos naturales extraídos de los residuos de frutas y verduras combinados con diferentes técnicas de conservación como refrigeración, vacío, altas presiones, irradiación, atmósferas modificadas y el desarrollo de envases activos con capacidad antioxidante.

En la industria láctea, el desarrollo de alimentos funcionales utilizando compuestos bioactivos extraídos de los residuos de frutas y verduras es realizada mediante la adición directa o mediante la encapsulación del compuesto, utilizándolos como prebióticos, antioxidantes, micronutrientes y ácidos grasos insaturados, buscando una fortificación adecuada sin que ella interfiera en la tasa de supervivencia de los microorganismos no iniciadores, probióticos y prebiótico, logrando el mayor beneficio posible, como en el caso de la adición de fibra, sus efectos son benéficos en la modulación de apetito y la saciedad, mientras que los compuestos antioxidantes como fitoesteroles, antocianinas y taninos incorporados a matrices como el queso, mantequilla y yogur ha demostrado efectos en disminuir los procesos de oxidación de los lípidos y la reducción del colesterol LDL en adultos con hipercolesterolemia.

En la industria panificadora, la incorporación de compuestos bioactivos extraídos de residuos de frutas y verduras, se centra en el reemplazo parcial de la harina de trigo con el objetivo de mejorar la actividad antioxidante y el aumentar el contenido de fibra dietética total, logrando obtener productos funcionales con valor añadido; sin embargo, los trabajos desarrollados señalan que se debe investigar la calidad sensorial de los productos alimenticios enriquecidos ya que según el nivel de reemplazo se puede obtener efectos negativos sobre los atributos sensoriales y su aceptación por parte del consumidor.

Los estudios han demostrado que los niveles de adición de residuos de frutas y verduras (en forma de polvo, harina o extractos) afectan la calidad sensorial de los alimentos, independientemente del tipo de alimento estudiado. Esto se debe a efectos adversos relacionados con la naturaleza de las partículas y la escala de insolubilidad del residuo, lo que a veces conduce a una mala compatibilidad con la matriz alimentaria.

Referencias bibliográficas

1. Noce A, Di Lauro M, Di Daniele F, Zaitseva AP, Marrone G, Borboni P, Di Daniele N. Natural bioactive compounds useful in clinical management of metabolic syndrome. *Nutrients*. 2021 Feb 1; 13(2): 1–37. Doi: 10.3390/nu13020630
2. Kainat S, Arshad MS, Khalid W, Zubair Khalid M, Koraqi H, Afzal MF, Noreen S, Aziz Z, Al-Farga A. Sustainable novel extraction of bioactive compounds from fruits and vegetables waste for functional foods: a review. *International Journal Food Properties*. 2022 Nov 10; 25(1): 2457–76. Doi: 10.1080/10942912.2022.2144884

3. ONU. Se desperdicia 17% de todos los alimentos disponibles a nivel del consumidor. ONU programa para el medio ambiente. 2021 . <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/onu-se-desperdicia-17-de-todos-los-alimentos-disponibles>
4. Sagar NA, Pareek S, Sharma S, Yahia EM, Lobo MG. Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety*. 2018 May; 17(3): 512–31. Doi: 10.1111/1541-4337.12330
5. Akter B, Rabeta MS. Synbiotic and antioxidant activity of fruit by-products and their effect on human health. *Food Research*. 2021 Feb 1; 5(1): 24–35. Doi: 10.26656/fr.2017.5(1).401
6. Yalcin E, Ozdal T, Gok I. Investigation of textural, functional, and sensory properties of muffins prepared by adding grape seeds to various flours. *Journal Food Processing and Preservation*. 2022 May 1; 46(5). Doi: 10.1111/jfpp.15316
7. Chamorro F, Carpena M, Fraga-Corral M, Echave J, Riaz MSR, Barba FJ, Cao H, Xiao J, Prieto MA, Simal-Gandara J. Valorization of kiwi agricultural waste and industry by-products by recovering bioactive compounds and applications as food additives: A circular economy model. *Food Chemistry*. 2022 Feb 15; 370: 131315. Doi: 10.1016/j.foodchem.2021.131315
8. Tlais AZA, Fiorino GM, Polo A, Filannino P, Cagno R Di. High-value compounds in fruit, vegetable and cereal byproducts: an overview of potential sustainable reuse and exploitation. *Molecules*. 2020 Jun 30; 25(13): 2987. Doi: 10.3390/molecules25132987
9. Azcona AC. La cebolla, una aliada para la salud. UCM. 2016. p. 1–4. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2016-11-17-carbajal-cebolla-2016.pdf>
10. Ordóñez VA. Análisis del efecto de la α -Solanina en las características citomorfológicas de células vivas adheridas y su relación con la expresión del gen Shroom3. Pontificia Universidad Javeriana; 2019. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/42354>
11. Lasano NF, Hamid AH, Karim R, Dek MSP, Shukri R, Ramli NS. Nutritional Composition, Anti-Diabetic properties and identification of active compounds using uhplc-esi-orbitrap-ms/ms in *Mangifera odorata* L. peel and seed kernel. *Molecules*. 2019 Ene 16; 24(2): 320. Doi: 10.3390/molecules24020320
12. Rafiq S, Kaul R, Sofi SA, Bashir N, Nazir F, Ahmad Nayik G. Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. *Journal of the Saudi Society Agricultural Sciences*. 2018 Oct 1; 17(4): 351–8. Doi: 10.1016/j.jssas.2016.07.006
13. Elbadrawy E, Sello A. Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*. 2016 Nov 1; 9(2): S1010–18. Doi: 10.1016/j.arabjc.2011.11.011
14. Mwaurah PW, Kumar S, Kumar N, Panghal A, Attkan AK, Singh VK, Garg MK. Physicochemical characteristics, bioactive compounds and industrial applications of mango kernel and its products: A review. *Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety*. 2020 Sep 1; 19(5): 2421–46. Doi: 10.1111/1541-4337.12598

15. Surco-Laos F, Garcia JA, Bendezú MR, Alvarado AT, Laos-Anchante D, Valle-Campos M, Panay-Centeno JF, Palomino-Jhong JJ, Yarasca-Carlos PE, Muñoz AM, Bolarte-Arteaga M, Pineda M, Loja B. Characterization of polyunsaturated fatty acids and antioxidant activity of *Vitis vinifera* L. (grape) seeds from the Ica Valley, Peru. *Journal Pharmacy and Pharmacognosy Research*. 2023 Mar 1;11(2): 270–80. Doi: 10.56499/jppres23.1575_11.2.270
16. Ancos B, Colina-Coca C, González-Peña D, Sánchez-Moreno C. Bioactive compounds from vegetable and fruit by-products. *Biotechnology Bioactive Compounds: Sources and Applications*. 2015 Ene 30; 9781118733: 1–36. Doi: 10.1002/9781118733103.ch1
17. Gámez J. Avances en la determinación de compuestos bioactivos en alimentos. *Revista de Ciencias y Tecnología Agrollanía*. 2020 Jun 17; 19: 7–17. <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/960>
18. Echchakoui S. Why and how to merge Scopus and Web of Science during bibliometric analysis: the case of sales force literature from 1912 to 2019. *Journal of Marketing Analytics*. 2020 Jun 29; 8(3): 165–84. Doi: 10.1057/s41270-020-00081-9
19. Prankute R. Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *MDPI*. 2021 Mar 12; 9(1): 12. Doi: 10.3390/publications9010012
20. Zhu J, Liu W. A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*. 2020 Feb 22; 123: 321–35. Doi: 10.1007/s11192-020-03387-8
21. Acevedo JP, Robledo S, Angarita MS. Subáreas de internacionalización de emprendimientos: una revisión bibliográfica. *Economía CUC*. 2020 Ene; 42(1): 249–68. Doi: 10.17981/econuc.42.1.2021.Org.7
22. Hurtado PD, Rodriguez VS, Garcia MC, Restrepo LM, Restrepo IM. Neuromarketing: Its current status and research perspectives. *Journal of Management Economics for Iberoamerica*. 2020 Dic 30; 36(157): 525–39. Doi: 10.18046/j.estger.2020.157.3890
23. Secinaro S, Mas FD, Brescia V, Calandra D. Blockchain in the accounting, auditing and accountability fields: a bibliometric and coding analysis. *Discover Journals, Books and Case Studies*. 2022 Dic 19; 35(9): 168–2003. Doi: 10.1108/AAAJ-10-2020-4987
24. Knoblich M, Anderson B, Latshaw D. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 2005 Feb 1; 85(7): 1166–70. Doi: 10.1002/jsfa.2091
25. George B, Kaur C, Khurdiya DS, Kapoor HC. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*. 2004 Ene 1; 84(1): 45–51. Doi: 10.1016/S0308-8146(03)00165-1
26. Szabo K, Cătoi AF, Vodnar DC. Bioactive compounds extracted from tomato processing by-products as a source of valuable nutrients. *Plant Foods Human Nutrition*. 2018 Dec 1; 73(4): 268–77. Doi: 10.1007/s11130-018-0691-0
27. Jahurul MHA, Zaidul ISM, Ghafoor K, Al-Juhaimi FY, Nyam KL, Norulaini NAN, Sahena F, Mohd Omar AK. Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: a review. *Food Chemistry*. 2015 Sep 15; 183: 173–80. Doi: 10.1016/j.foodchem.2015.03.046

28. Peng D, Zahid HF, Ajlouni S, Dunshea FR, Suleria HAR. LC-ESI-QTOF/MS Profiling of australian mango peel by-product polyphenols and their potential antioxidant activities. *MDPI*. 2019 Oct 18; 7(10): 764. Doi: 10.3390/pr7100764
29. Safdar MN, Kausar T, Nadeem M. Comparison of ultrasound and maceration techniques for the extraction of polyphenols from the mango peel. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017 Ago 1; 41(4): e13028. Doi: 10.1111/jfpp.13028
30. Ordoñez-Torres A, Torres-León C, Hernández-Almanza A, Flores-Guía T, Luque-Contreras D, Aguilar CN, Ascacio-Valdés J. Ultrasound-microwave-assisted extraction of polyphenolic compounds from Mexican “Ataulfo” mango peels: Antioxidant potential and identification by HPLC/ESI/MS. *Phytochemical Analysis*. 2021 Jul 1; 32(4): 495–502. Doi: 10.1002/pca.2997
31. Lim KJA, Cabajar AA, Lobarbio CFY, Taboada EB, Lacks DJ. Extraction of bioactive compounds from mango (*Mangifera indica* L. var. Carabao) seed kernel with ethanol-water binary solvent systems. *Journal of Food Science Technology*. 2019 Abr 1; 56(5): 2536–44. Doi: 10.1007/s13197-019-03732-7
32. Liu N, Li X, Zhao P, Zhang X, Qiao O, Huang L, Guo L, Gao W. A review of chemical constituents and health-promoting effects of citrus peels. *Food Chemistry*. 2021 Dec 15; 365: 1300585. Doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130585
33. Taktak O, Gargouri M, Akrouti A, Brits M, Gargouri M, Ben AR, Pieters L, Foubert K, Magné C, Soussi A, Allouche N. A comparative study of phytochemical investigation and antioxidative activities of six citrus peel species. *Flavour and Fragrance Journal*. 2021 May 31; 36(5): 564–75. Doi: 10.1002/ffj.3662
34. Farag MA, Abib B, Ayad L, Khattab AR. Sweet and bitter oranges: An updated comparative review of their bioactives, nutrition, food quality, therapeutic merits and biowaste valorization practices. *Food Chemistry*. 2020 Nov 30; 331: 127306. Doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127306
35. Chhikara N, Kour R, Jaglan S, Gupta P, Gat Y, Panghal A. *Citrus medica*: nutritional, phytochemical composition and health benefits - a review. *Food and Function*. 2018; 9(4): 1978–92. Doi: 10.1039/c7fo02035j
36. Tocmo R, Pena-Fronteras J, Calumba KF, Mendoza M, Johnson JJ. Valorization of pomelo (*Citrus grandis* Osbeck) peel: A review of current utilization, phytochemistry, bioactivities, and mechanisms of action. *Comprehensive Reviews Food Science and Food Safety*. 2020 Jul 1; 19(4): 1969–2012. Doi: 10.1111/1541-4337.12561
37. Zayed A, Badawy MT, Farag MA. Valorization and extraction optimization of *Citrus* seeds for food and functional food applications. *Food Chemistry*. 2021 Sep 1; 355: 129609. Doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129609
38. Estrada-Sierra NA, Rincon-Enriquez G, Urías-Silvas JE, Bravo SD, Villanueva-Rodríguez SJ. Impact of ripening, harvest season, and the nature of solvents on antioxidant capacity, flavonoid, and p-synephrine concentrations in *Citrus aurantium* extracts from residue. *Future Foods*. 2022 Dec 1; 6: 100153. Doi: 10.1016/j.fufo.2022.100153

39. Bordiga M, Travaglia F, Locatelli M. Valorisation of grape pomace: an approach that is increasingly reaching its maturity – a review. *International Journal of Food Science & Technology*. 2019 Apr 1; 54(4): 933–42. Doi: 10.1111/ijfs.14118
40. Santos TRJ, Santana LCL de A. Conventional and emerging techniques for extraction of bioactive compounds from fruit waste. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2022; 25: 1–18. Doi: 10.1590/1981-6723.13021
41. Campos DA, Coscueta ER, Valetti NW, Pastrana-Castro LM, Teixeira JA, Picó GA, Pintado MM. Optimization of bromelain isolation from pineapple byproducts by polysaccharide complex formation. *Food Hydrocolloids*. 2019 Feb 1; 87: 792–804. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.09.009
42. Martínez-Castaño M, Lopera-Idarraga J, Pazmiño-Arteaga J, Gallardo-Cabrera C. Evaluation of the behaviour of unripe banana flour with non-conventional flours in the production of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*. 2020 Mar 1; 26(2): 160–72. Doi: 10.1177/1082013219873246
43. Ortiz L, Dorta E, Gloria Lobo M, González-Mendoza LA, Díaz C, González M. Use of banana (*Musa acuminata* Colla AAA) peel extract as an antioxidant source in orange juices. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2017 Mar 1; 72(1): 60–6. Doi: 10.1007/s11130-016-0591-0
44. Difonzo G, Squeo G, Pasqualone A, Summo C, Paradiso VM, Caponio F. The challenge of exploiting polyphenols from olive leaves: addition to foods to improve their shelf-life and nutritional value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021 Jun 1; 101(8): 3099–116. Doi: 10.1002/jsfa.10986
45. Kurt Ş, Ceylan HG. Effects of olive leaf extract on the oxidation stability and microbiological quality of dry fermented sausage (sucuk). *Orthian Journal of Food Science and Technology*. 2017; 9(4): 178–88. https://www.researchgate.net/publication/322356423_Effects_of_olive_leaf_extract_on_the_oxidation_stability_and_microbiological_quality_of_dry_fermented_sausage_sucuk
46. Shalaby AR, Anwar MM, Sallam EM. Improving quality and shelf-life of minced beef using irradiated olive leaf extract. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018 Oct 29; 42(2): e13789. Doi: 10.1111/jfpp.13789
47. Morsy MK, Mekawi E, Elsabagh R. Impact of pomegranate peel nanoparticles on quality attributes of meatballs during refrigerated storage. *LWT*. 2018 Mar 1; 89: 489–95. Doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.022
48. Ismail T, Akhtar S, Riaz M, Hameed A, Afzal K, Sattar Sheikh A. Oxidative and microbial stability of pomegranate peel extracts and bagasse supplemented cookies. *Journal of Food Quality*. 2016 Dec 1; 39(6): 658–68. Doi: 10.1111/jfq.12231
49. Mahajan D, Bhat ZF, Kumar S. Pomegranate (*Punica granatum*) rind extract as a novel preservative in cheese. *Food Bioscience*. 2015 Dec 1; 12: 47–53. Doi: 10.1016/j.fbio.2015.07.005
50. Sandhya S, Khamrui K, Prasad W, Kumar MCT. Preparation of pomegranate peel extract powder and evaluation of its effect on functional properties and shelf life of curd. *LWT*. 2018 Jun 1; 92: 416–21. Doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.057

51. Krupa-Kozak U, Drabińska N, Baczek N, Šimková K, Starowicz M, Jeliński T. Application of broccoli leaf powder in gluten-free bread: An innovative approach to improve its bioactive potential and technological quality. *Foods* (Basel, Switzerland). 2021 Apr 9; 10(4): 819. Doi: 10.3390/foods10040819
52. Lafarga T, Gallagher E, Bademunt A, Viñas I, Bobo G, Villaró S, Aguiló-Aguayo I. Bioaccessibility, physicochemical, sensorial, and nutritional characteristics of bread containing broccoli co-products. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019 Ene 7; 43(2): e13861. Doi: 10.1111/jfpp.13861
53. Kumar, Yadav AN, Kumar V, Vyas P, Dhaliwal HS. Food waste: a potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. *Bioresources and Bioprocessing*. 2017 Abr 12; 4(1): 1–14. Doi: 10.1186/s40643-017-0148-6
54. Carvajal C. Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. *Medicina Legal de Costa Rica*. 2019 Ene; 36(1): 91-100. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000100091&lng=en
55. Jamanca N, Alfaro S. Antioxidantes en los alimentos. Ediciones UNAB: Lima, Perú. 2017. p. 7–14. <https://repositorio.unab.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/b62c12d2-cdde-4842-922f-d33e20d5457d/content>
56. Imran M, Butt MS, Akhtar S, Riaz M, Iqbal MJ, Suleria HAR. Quantification of mangiferin by high pressure liquid chromatography; physicochemical and sensory evaluation of functional mangiferin drink. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015 Nov 20; 40(4): 760–9. Doi: 10.1111/jfpp.12657
57. Maner S, Sharma AK, Banerjee K. Wheat flour replacement by wine grape pomace powder positively affects physical, functional and sensory properties of cookies. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2015 Jul 1; 87(1): 109–13. Doi: 10.1007/s40011-015-0570-5
58. Lebaka V, Wee Y-J, Ye W, Korivi M. Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 Ene 16; 18(2): 741. Doi: 10.3390/ijerph18020741
59. Previtera L, Fucci G, De Marco A, Romanucci V, Di Fabio G, Zarrelli A. Chemical and organoleptic characteristics of tomato purée enriched with lyophilized tomato pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016 Apr 1; 96(6): 1953–58. Doi: 10.1002/jsfa.7303
60. Stajčić S, Četković G, Čanadanović-Brunet J, Djilas S, Mandić A, Četojević-Simin D. Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. *Food Chemistry*. 2015 Apr 1; 172: 225–32. Doi: 10.1016/j.foodchem.2014.09.069
61. Jiménez-Moreno N, Esparza I, Bimbela F, Gandía LM, Ancín-Azpilicueta C. Valorization of selected fruit and vegetable wastes as bioactive compounds: Opportunities and challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2019 Nov 29; 50(20): 2061–108. Doi: 10.1080/10643389.2019.1694819
62. Calderón-Oliver M, López-Hernández LH. Food Vegetable and fruit waste used in meat products. *Food Reviews International*. 2022 Mar 27; 38(4): 628–54. Doi: 10.1080/87559129.2020.1740732

63. Pateiro M, Gómez-Salazar JA, Jaime-Patlán M, Sosa-Morales ME, Lorenzo JM. Plant extracts obtained with green solvents as natural antioxidants in fresh meat products. *Antioxidants* (Basel, Switzerland). 2021 Ene 27; 10(2): 1–21. Doi: 10.3390/antiox10020181
64. Kolev N. Natural antioxidants – an alternative for reduction of nitrites in cooked meat products. *Food Science and Applied Biotechnology*. 2022 Mar 18; 5(1): 64–76. Doi: 10.30721/fsab2022.v5.i1.167
65. Barbieri S, Mercatante D, Balzan S, Esposto S, Cardenia V, Servili M, Novelli E, Taticchi A, Rodriguez-Estrada MT. Improved oxidative stability and sensory quality of beef hamburgers enriched with a phenolic extract from olive vegetation water. *Antioxidants* (Basel, Switzerland) 2021 Dec 9;10(12): 1969. Doi: 10.3390/antiox10121969
66. Estévez M. Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: Opportunities, innovative applications and future perspectives. *Meat Science*. 2021 Nov 1; 181: 108610. Doi: 10.1016/j.meatsci.2021.108610
67. Domínguez, Pateiro M, Gagaoua M, Barba FJ, Zhang W, Lorenzo JM. A Comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. 2019 Sep 25; 8(10):429. Doi: 10.3390/antiox8100429
68. Cunha LCM, Monteiro MLG, Costa-Lima BRC, Guedes-Oliveira JM, Alves VHM, Almeida AL, Tonon RV, Rosenthal A, Conte-Junior CA. Effect of microencapsulated extract of pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel on color, texture and oxidative stability of refrigerated ground pork patties submitted to high pressure processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018 Oct 1; 49: 136–45. Doi: 10.1016/j.ifset.2018.08.009
69. Kumar V, Chatli MK, Wagh R V., Mehta N, Kumar P. Effect of the combination of natural antioxidants and packaging methods on quality of pork patties during storage. *Journal Food Science and Technology*. 2015 Ene 21; 52(10): 6230–41. Doi: 10.1007/s13197-015-1734-2
70. Lee SY, Kim HW, Hwang KE, Song DH, Choi MS, Ham YK, Choi YS, Lee JW, Lee SK, Kim CJ. Combined effect of kimchi powder and onion peel extract on quality characteristics of emulsion sausages prepared with irradiated pork. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2015 Jun 30; 35(3): 277–85. Doi: 10.5851/kosfa.2015.35.3.277
71. Moudache M, Colon M, Nerín C, Zaidi F. Phenolic content and antioxidant activity of olive by-products and antioxidant film containing olive leaf extract. *Food Chemistry* . 2016 Dec 1; 212: 521–7. Doi: 10.1016/j.foodchem.2016.06.001
72. Ergezer H, Serdaroğlu M. Antioxidant potential of artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017 Dic 28; 12(2): 982–91. Doi: 10.1007/s11694-017-9713-0
73. Baldin JC, Michelin EC, Polizer YJ, Rodrigues I, de Godoy SHS, Fregonesi RP, Pires MA, Carvalho LT, Fávaro-Trindade CS, de Lima CG, Fernandes AM, Trindade MA. Microencapsulated jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity. *Meat Science*. 2016 Aug 1; 118: 15–21. Doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.016
74. Rodrigues AS, Kubota EH, da Silva CG, dos Santos Alves J, Hautrive TP, Rodrigues GS, Campagnol PCB. Banana inflorescences: A cheap raw material with great potential to be used as a natural antioxidant in meat products. *Meat Science*. 2020 Mar 1; 161: 107991. Doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107991

75. Ahmadi A, Salehi A, Dadmehr A, Ghodarzi S, Sadighara P, Samarghandian S, Farkhondeh T. The effect of banana leaf package on the shelf life of rainbow trout fillet in comparison with plastic bags. *Bioscience Journal*. 2019 Mar; 35(2): 503–8. Doi: 10.14393/BJ-v35n2a20198-42730
76. Peiretti PG, Gai F, Zorzi M, Aigotti R, Medana C. The effect of blueberry pomace on the oxidative stability and cooking properties of pork patties during chilled storage. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020 Abr 28; 44(7): e14520. Doi: 10.1111/jfpp.14520
77. Ozvural. Fabrication of olive leaf extract and hazelnut skin incorporated films to improve the quality of nuggets during refrigerated and deep freeze storage. *British Poultry Science*. 2019 Dic; 60(6): 708–15. Doi: 10.1080/00071668.2019.1656799
78. Papuc C, Goran G V., Predescu CN, Nicorescu V, Stefan G. Plant Polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: classification, structures, sources, and action mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2017 Nov; 16(6): 1243–68. Doi: 10.1111/1541-4337.12298
79. Lee MA, Kim TK, Hwang KE, Choi YJ, Park SH, Kim CJ, Choi YS. Kimchi extracts as inhibitors of colour deterioration and lipid oxidation in raw ground pork meat during refrigerated storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019 Apr; 99(6): 2735–42. Doi: 10.1002/jsfa.9441
80. Alves LAA, Lorenzo JM, Gonçalves CAA, dos Santos BA, Heck RT, Cichoski AJ, Campagnol PCB. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*. 2016 Nov; 121: 73–78. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
81. Namir M, Siliha H, Ramadan MF. Fiber pectin from tomato pomace: characteristics, functional properties and application in low-fat beef burger. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2015 Feb 21; 9(3): 305–12. Doi: 10.1007/s11694-015-9236-5
82. Rather SA, Akhter R, Masoodi FA, Gani A, Wani SM. Utilization of apple pomace powder as a fat replacer in goshtaba: a traditional meat product of Jammu and Kashmir, India. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2015 May 14; 9(3): 389–99. Doi: 10.1007/s11694-015-9247-2
83. Selani MM, Shirado GAN, Margiotta GB, Saldaña E, Spada FP, Piedade SMS, Contreras-Castillo CJ, Canniatti-Brazaca SG. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*. 2016 Feb; 112: 69–76. Doi: 10.1016/j.meatsci.2015.10.020
84. Villamil RA, Robelto GE, Mendoza MC, Guzmán MP, Cortés LY, Méndez CA, Giha V. Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *Revista chilena de nutrición*. 2020; 47(6): 1018–28. Doi: 10.4067/S0717-75182020000601018
85. Comunian TA, Chaves IE, Thomazini M, Moraes ICF, Ferro-Furtado R, de Castro IA, Favaro-Trindade CS. Development of functional yogurt containing free and encapsulated echium oil, phytosterol and sinapic acid. *Food Chemistry*. 2017 Dec 15; 237: 948–56. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.071

86. Heap S, Ingram J, Law M, Tucker AJ, Wright AJ. Eight-day consumption of inulin added to a yogurt breakfast lowers postprandial appetite ratings but not energy intakes in young healthy females: a randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*. 2016 Jan 28; 115(2): 262–70. Doi: 10.1017/S0007114515004432
87. Mohammadi-Sartang M, Bellissimo N, Totosy de Zepetnek JO, Brett NR, Mazloomi SM, Fararouie M, Bedeltavana A, Famouri M, Mazloom Z. The effect of daily fortified yogurt consumption on weight loss in adults with metabolic syndrome: A 10-week randomized controlled trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2018 Jun; 28(6):565–74. Doi: 10.1016/j.numecd.2018.03.001
88. Robertson RC, Gracia Mateo MR, O'Grady MN, Guihéneuf F, Stengel DB, Ross RP, Fitzgerald GF, Kerry JP, Stanton C. An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016 Oct; 37: 237–46. Doi: 10.1016/j.ifset.2016.03.017
89. Gowda A, Sharma V, Goyal A, Singh AK, Arora S. Process optimization and oxidative stability of omega-3 ice cream fortified with flaxseed oil microcapsules. *Journal of Food Science and Technology*. 2018 Mar 5; 55(5): 1705–15. Doi: 10.1007/s13197-018-3083-4
90. Santillán-Urquiza E, Méndez-Rojas MÁ, Vélez-Ruiz JF. Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties. *LWT*. 2017 Jul; 80: 462–69. Doi: 10.1016/j.lwt.2017.03.025
91. Tolve R, Cela N, Condelli N, Di Cairano M, Caruso MC, Galgano F. Microencapsulation as a Tool for the Formulation of Functional Foods: The Phytosterols' Case Study. *Foods*. 2020 Abr 9; 9(4): 470. Doi: 10.3390/foods9040470
92. Abid Y, Azabou S, Jridi M, Khemakhem I, Bouaziz M, Attia H. Storage stability of traditional Tunisian butter enriched with antioxidant extract from tomato processing by-products. *Food Chemistry*. 2017 Oct 15; 233: 476–82. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.125
93. Trigo JP, Alexandre EMC, Saraiva JA, Pintado ME. High value-added compounds from fruit and vegetable by-products - Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020; 60(8): 1388–416. Doi: 10.1080/10408398.2019.1572588
94. Arioui F, Ait Saada D, Cheriguene A. Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of *Citrus sinensis*. *Food Science & Nutrition*. 2016 Jul 27; 5(2): 358–64. Doi: 10.1002/fsn3.400
95. Bertolino M, Belviso S, Dal Bello B, Ghirardello D, Giordano M, Rolle L, Gerbi V, Zeppa G. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. *LWT - Food Science and Technology*. 2015 Oct; 63(2): 1145–54. Doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.113
96. Casarotti SN, Borgonovi TF, Batista CLFM, Penna ALB. Guava, orange and passion fruit by-products: Characterization and its impacts on kinetics of acidification and properties of probiotic fermented products. *LWT*. 2018 Dec; 98: 69–76. Doi: 10.1016/j.lwt.2018.08.010
97. Costa, Alencar NMM, Rullo BGDS, Taralo RL. Effect of green banana pulp on physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt. *Food Science and Technology*. 2017 Jul; 37(3): 363–8. Doi: 10.1590/1678-457x.01016

98. Mostafa HS. Banana plant as a source of valuable antimicrobial compounds and its current applications in the food sector. *Journal of Food and Science*. 2021 Sep; 86(9): 3778–97. Doi: 10.1111/1750-3841.15854
99. Peker H, Arslan S. Effect of olive leaf extract on the quality of low fat apricot yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017 Sep 19;41(5): e13107. Doi: 10.1111/jfpp.13107
100. Sah BNP, Vasiljevic T, McKechnie S, Donkor ON. Effect of pineapple waste powder on probiotic growth, antioxidant and antimutagenic activities of yogurt. *Journal of Food Science and Technology*. 2016 Mar 1; 53(3): 1698–708. Doi: 10.1007/s13197-015-2100-0
101. Moreira RV, Costa MP, Castro VS, Paes CE, Mutz YS, Frasco BS, Mano SB, Conte-Junior CA. Short communication: Antimicrobial activity of pequi (*Caryocar brasiliense*) waste extract on goat Minas Frescal cheese presenting sodium reduction. *Journal of Dairy Science*. 2019 Apr 1; 102(4): 2966–72. Doi: 10.3168/jds.2018-15268
102. Vital ACP, Santos NW, Matumoto-Pintro PT, da Silva Scapim MR, Madrona GS. Ice cream supplemented with grape juice residue as a source of antioxidants. *Journal of Dairy Science*. 2017 May 31; 71(1): 183–9. Doi: 10.1111/1471-0307.12412
103. Tavakoli H, Hosseini O, Jafari SM, Katouzian I. Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of yogurt enriched by olive leaf phenolics within nanoliposomes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018 Sep 5; 66(35): 9231–40. Doi: 10.1021/acs.jafc.8b02759
104. Bhat M, Ahsan H. Physico-chemical characteristics of cookies prepared with tomato pomace powder. *Journal of Food Processing and Technology*. 2015; 7(1): 543. Doi: 10.4172/2157-7110.1000543
105. Isik F, Yapar A. Effect of tomato seed supplementation on chemical and nutritional properties of tarhana. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2016 Oct 27; 11(2): 667–74. Doi: 10.1007/s11694-016-9436-7
106. Quiles A, Campbell GM, Struck S, Rohm H, Hernando I. Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products. *Food Reviews International*. 2018 Dic 23; 34(2): 162–81. Doi: 10.1080/87559129.2016.1261299
107. Melini V, Melini F, Luziatelli F, Ruzzi M. Functional Ingredients from Agri-Food Waste: Effect of Inclusion Thereof on Phenolic Compound Content and Bioaccessibility in Bakery Products. *Antioxidants* (Basel, Switzerland). 2020 Dec 2; 9(12): 1–29. Doi: 10.3390/antiox9121216
108. Boff JM, Strasburg VJ, Ferrari GT, de Oliveira Schmidt H, Manfro V, de Oliveira VR. Chemical, technological, and sensory quality of pasta and bakery products made with the addition of grape pomace flour. *Foods* (Basel, Switzerland). 2022 Nov 26; 11(23): 3812. Doi: 10.3390/foods11233812.
109. Pathak D, Majumdar J, Raychaudhuri U, Chakraborty R. Characterization of physicochemical properties in whole wheat bread after incorporation of ripe mango peel. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2016 Abr 26; 10(3): 554–61. Doi: 10.1007/s11694-016-9335-y

110. de Toledo NMV, Nunes LP, da Silva PPM, Spoto MHF, Canniatti-Brazaca SG. Influence of pineapple, apple and melon by-products on cookies: physicochemical and sensory aspects. *International Journal of Food Science & Technology*. 2017 Mar 29; 52(5): 1185–92. Doi: 10.1111/ijfs.13383
111. Chagas EGL, Vanin FM, dos Santos Garcia VA, Yoshida CMP, de Carvalho RA. Enrichment of antioxidants compounds in cookies produced with camu-camu (*Myrciaria dubia*) coproducts powders. *LWT*. 2021 Feb 1; 137: 110472. Doi: 10.1016/j.lwt.2020.110472
112. Kaderides K, Mourtzinou I, Goula AM. Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies. *Food Chemistry*. 2020 Apr 25; 310: 125849. Doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125849
113. Plazzotta S, Sillani S, Manzocco L. Exploitation of lettuce waste flour to increase bread functionality: effect on physical, nutritional, sensory properties and on consumer response. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018 Mar 23; 53(10): 2290–7. Doi: 10.1111/ijfs.13820
114. Belović M, Torbica A, Pajić-Lijaković I, Mastilović J. Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food Chemistry*. 2017 Dec 15; 237: 1226–33. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.045
115. Torbica A, Belović M, Mastilović J, Kevrešan Ž, Pestorić M, Škrobot D, Hadnađev TD. Nutritional, rheological, and sensory evaluation of tomato ketchup with increased content of natural fibres made from fresh tomato pomace. *Food and Bioprocess Technology*. 2016 Apr 1; 98: 299–309. Doi: 10.1016/j.fbp.2016.02.007
116. Amofa-Diatuo T, Anang DM, Barba FJ, Tiwari BK. Development of new apple beverages rich in isothiocyanates by using extracts obtained from ultrasound-treated cauliflower by-products: Evaluation of physical properties and consumer acceptance. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017 Ago 1; 61: 73–81. Doi: 10.1016/j.jfca.2016.10.001
117. Bendini A, Di Lecce G, Valli E, Barbieri S, Tesini F, Gallina Toschi T. Olive oil enriched in lycopene from tomato by-product through a co-milling process. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2015 May 22; 66(4): 371–77. Doi: 10.3109/09637486.2015.1035230
118. Bobinaite R, Viskelis P, Bobinas Č, Mieželiene A, Alenčikiene G, Venskutonis PR. Raspberry marc extracts increase antioxidative potential, ellagic acid, ellagitannin and anthocyanin concentrations in fruit purees. *LWT - Food Science and Technology*. 2016 Mar 1; 66: 460–67. Doi: 10.1016/j.lwt.2015.10.069
119. Kehili M, Choura S, Zammel A, Allouche N, Sayadi S. Oxidative stability of refined olive and sunflower oils supplemented with lycopene-rich oleoresin from tomato peels industrial by-product, during accelerated shelf-life storage. *Food Chemistry*. 2018 Apr 25; 246: 295–304. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.11.034
120. Natukunda S, Muyonga JH, Mukisa IM. Effect of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed on antioxidant activity, phytochemicals, physicochemical characteristics, and sensory acceptability of enriched cookies and mango juice. *Food Science & Nutrition*. 2015 Nov 18; 4(4): 494–507. Doi: 10.1002/fsn3.311

121. Kharchoufi S, Parafati L, Licciardello F, Muratore G, Hamdi M, Cirvilleri G, Restuccia C. Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce *Penicillium digitatum* postharvest decay of oranges. *Food Microbiology*. 2018 Sep 1; 74: 107–12. Doi: 10.1016/j.fm.2018.03.011
122. Zam W. Effect of alginate and chitosan edible coating enriched with olive leaves extract on the shelf life of sweet cherries (*Prunus avium* L.). *Journal of Food Quality*. 2019 Jul 24; 2019(1): 8192964. Doi: 10.1155/2019/8192964
123. Lu Z, Wang J, Gao R, Ye F, Zhao G. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*. 2019 Apr 1; 86: 172–87. Doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.020

Fondos y colaboradores:

Este artículo se originó a partir del trabajo de grado titulado: Revisión bibliográfica de metodologías para el aprovechamiento de residuos de frutas y verduras para la obtención de compuestos bioactivos y su uso en alimentos funcionales, al cursar la maestría en Biotecnología Alimentaria en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. Alex Javier Bacca y Johanna España en calidad de maestrandos desarrollaron el trabajo propuesto y las docentes Andrea Vásquez García e Ibeth Rodríguez Gonzalez asesoraron el trabajo desarrollado y aportaron comentarios críticos. Todos los autores contribuyeron a la redacción del manuscrito final y aprobaron su versión definitiva para publicación.

Alex javier Bacca
Estudiante maestría Biotecnología Alimentaria
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
agroindustriaalex@gmail.com

Andrea Vásquez García
Docente Investigador maestría Biotecnología Alimentaria
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
andrea.vasquez@unad.edu.co

Ibeth Rodríguez
Docente Investigador maestría Biotecnología Alimentaria
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
ibeth.rodriguez@unad.edu.co

Johanna España Muñoz
Estudiante maestría Biotecnología Alimentaria
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
jespanam@sena.edu.co