

Aprovechamiento de subproductos de mango (*Mangifera Indica* L.), guayaba (*Psidium guajava*), piña (*Ananas Comosus*) y aguacate (*Persea Americana* Mill), mediante el uso de tecnologías verdes, para incorporación en alimentos funcionales, una revisión

Daniel Cardona Lenis - 201958485

Juan Carlos Osorio - 202059866

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería de alimentos

Tuluá

2025

Aprovechamiento de subproductos de mango (*Mangifera Indica* L.), guayaba (*Psidium guajava*), piña (*Ananas Comosus*) y aguacate (*Persea Americana* Mill), mediante el uso de tecnologías verdes, para incorporación en alimentos funcionales, una revisión

Daniel Cardona Lenis - 201958485

Juan Carlos Osorio - 202059866

Directora

Anna María Polanía Rivera, PhD.

Codirector

Libardo Castañeda Florez, MBA

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de alimentos

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería de alimentos

Tuluá

2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Extracción asistida por ultrasonido (EAU)	3
2.2. Ventana de refractancia (VR)	7
2.3. Secado solar	9
3. POTENCIAL DE LOS SUBPRODUCTOS PROCESADOS PARA LA FORMULACIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES	13
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
5. JUSTIFICACIÓN	16
6. OBJETIVOS	17
6.1. OBJETIVO GENERAL	17
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
7. ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA	18
8. MARCO TEÓRICO	21
8.1. Residuos agroindustriales	21
8.2. Mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	22
8.3. Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	24
8.4. Piña (<i>Ananas Comosus</i>)	25
8.5. Aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	26
8.6. Subproductos de mango (<i>Mangifera indica</i> L.), guayaba (<i>Psidium guajava</i>), piña (<i>Ananas comosus</i>), aguacate (<i>Persea Americana</i> Mill) y su contenido nutricional.	27
8.6.1 Subproductos del mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	27
8.6.2 Subproductos de la guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	29
8.6.3 Subproductos de la piña (<i>Ananas comosus</i>)	31
8.6.4 Subproductos del aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	33
8.7. Alimentos funcionales	35
8.7.1. Beneficios de los alimentos funcionales	35
8.7.2. Demanda mundial de alimentos funcionales	36
8.7.3. Demanda nacional de alimentos funcionales:	37
8.8. Incorporación de residuos de mango en alimentos funcionales	37
8.8.1. Cáscara	37
8.8.2. Semilla	39
8.9. Incorporación de residuos de guayaba en alimentos funcionales	40
8.9.1. Cáscara	40
8.9.2. Semillas	41
8.10. Incorporación de residuos de piña en alimentos funcionales	42
8.10.1. Cáscara	42
8.10.2. Corona	43
8.10.3. Corazón	44
8.11. Incorporación de residuos de aguacate en alimentos funcionales	44

8.11.1. Cáscara-----	44
8.11.2. Semilla-----	45
8.12. Tecnologías verdes para la extracción de componentes y aprovechamiento de subproductos-----	46
8.12.1. Tecnologías verdes-----	46
8.12.2. Extracción asistida por ultrasonido (EAU)-----	47
8.12.3. Ventana de refractancia (VR)-----	48
8.12.4. Secado solar-----	49
8.13. Desafíos y oportunidades en la comercialización de alimentos funcionales con subproductos-----	50
8.13.1. Naturpick-----	51
8.13.2. Ingredalia-----	51
8.13.3. Azubioact-----	52
8.13.4. Renewal Mill-----	53
8.14. Industrias Colombianas con aplicaciones de subproductos agroindustriales-----	53
8.14.1. Lifepack-----	53
8.14.2. Fibogroup-----	54
8.14.3. Fibrense-----	54
9. CONCLUSIONES-----	55
10. REFERENCIAS-----	56

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos agroindustriales se definen, de manera general, como el material sólido o líquido que es generado durante el proceso de consumo o industrialización de un producto de la cadena primaria y que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que a su vez, pueden ser aprovechados o transformados para generar otro producto con valor económico de interés social y/o comercial (Saval, 2012), estos residuos resultan de sumo interés para la industria, debido a que el aprovechamiento de estos, permite disminuir el uso de recursos naturales, recursos económicos, pueden generar empleo y contribuir en la resolución o disminución de impactos ambientales (Vargas & Pérez, 2018).

Los subproductos de la industria alimentaria son frecuentemente denominados, de manera errónea, como residuos o desperdicios. Sin embargo, esta percepción dista mucho de la realidad, ya que, si bien su contenido nutricional puede ser menor que el de la fruta, hortaliza, cereal o leguminosa original de los cuales son obtenidos, siguen conservando una parte de este, lo que los convierte en una fuente aprovechable de nutrientes para la alimentación tanto de animales, como de los seres humanos. Lo anterior, sumado al constante crecimiento de la población a nivel mundial, donde la demanda de recursos biológicos de la tierra supera en un 20 % su capacidad de producción (Villarán et al. 2018) y aunado a esto, la creciente necesidad de alimentos ricos en nutrientes a un menor costo de producción, crea nuevos retos y oportunidades para estos subproductos (Martínez, 2021).

Colombia es un país de abundante producción frutícola; para el 2022 se registraron alrededor de 1 millón de hectáreas cultivadas de frutas, con una producción de 12,9 millones de toneladas de dichos productos. Como parte de estos, la producción en millones de toneladas es liderada por el banano con 2,5, seguido del aguacate con 1,09 y el mango con 0,38 (Dorgambide et al. 2024). Lo que convierte los subproductos de estas frutas como una potencial fuente de nutrientes para el consumo humano y también, una fuente de ingresos económicos.

Existen diferentes métodos para aprovechar al máximo los componentes nutricionales de estos residuos, entre estos se encuentra el secado o deshidratación, el cual es un proceso de conservación de los alimentos que consiste en la aplicación de calor de manera controlada para la remoción de la mayoría del agua presente en el alimento por medio de la evaporación de la misma, inhibiendo así la actividad microbiana y enzimática presente en el alimento (Espinoza, 2016). La deshidratación puede realizarse mediante diversos métodos, como deshidratación osmótica, energía solar, hornos, túneles de secado, ventana de refractancia o liofilización, por mencionar algunos. Sin embargo, no todos resultan ser rentables, fáciles de aplicar en cualquier entorno o prácticos, algunos ejemplos de esto son, la deshidratación osmótica, que aunque, en términos generales, resulta ser económica y fácil de aplicar, cambia las características organolépticas del producto por la naturaleza del soluto usado en la solución osmótica, sin mencionar que no disminuye los niveles de agua del alimento hasta un punto donde se inhiban procesos microbiológicos o enzimáticos (Velasco et al. 2016). El secado solar es posiblemente de los de más bajo costo económico. Sin embargo, presenta la

desventaja de que su eficiencia depende de las variaciones climáticas, además que, las temperaturas suelen ser insuficientes para la inactivación de enzimas y actividad microbiana (Espinoza, 2016); la liofilización es un proceso altamente costoso debido a los equipos empleados para este proceso, lo que lo hace un método que, aunque efectivo, poco rentable a pequeña escala (Muñoz et al., 2018). El secado por horno o convección forzada es de los más comúnmente usados, ya que existen equipos de una amplia variedad de precios y tamaños que pueden cumplir satisfactoriamente con el proceso de secado. Sin embargo, este método implica un gran consumo de energía, ya que el tiempo necesario puede variar dependiendo de las temperatura utilizadas. Además, pueden ocurrir cambios indeseables en la textura y color del alimento durante el proceso (Bautista, 2016; Fito et al., 2001). Por lo tanto, dadas las necesidades económicas actuales, es crucial realizar un análisis para determinar qué métodos se adaptan mejor para cumplir con las especificidades de cada caso.

Las necesidades actuales de la sociedad colombiana, junto con la creciente demanda ambiental relacionada con la alimentación humana, resaltan la urgencia de implementar nuevas estrategias y explorar alternativas más económicas para aprovechar nutrientes de diversas fuentes. En 2022, Colombia, aún enfrentaba niveles de pobreza monetaria superior al 30 % y de pobreza extrema por encima del 10 % (Dane, 2022). Además, los cambios ambientales actuales aceleran la necesidad de identificar nuevas fuentes para obtener nutrientes. El presente trabajo tiene como finalidad analizar mediante una revisión crítica, los métodos de secado y tecnologías verdes que cumplan con las especificaciones requeridas, tanto ambiental, como económicas, que permitan aprovechar residuos agroindustriales como ingredientes o compuestos que puedan ser usados en el desarrollo de alimentos funcionales, a su vez que se estudian posibles fuentes de nutrientes para alimentación humana provenientes de subproductos de la agroindustria, como lo son el mango (*Mangifera indica* L.), guayaba (*Psidium guajava*), piña (*Ananas comosus*) y aguacate (*Persea americana* Mill.).

2. ANTECEDENTES

2.1. Extracción asistida por ultrasonido (EAU)

Es una tecnología innovadora y ecológica que permite la extracción de compuestos bioactivos, empleando una cantidad reducida de solventes. Su principio se basa en la cavitación producida al aplicar las ondas ultrasónicas, la cual actúa sobre las matrices vegetales, generando fuerzas de corte, desgaste, fragmentación y porosidad sobre las paredes celulares. (Ramírez et al., 2024; Yu et al., 2024). Existen algunos estudios sobre este tipo de técnicas aplicadas a los alimentos, con el fin de extraer compuestos o componentes de interés para diferentes tipos de industrias. Devi et al. (2024), emplearon esta técnica para extraer antocianinas, flavonoides y antioxidantes del salvado de arroz negro. Para esto, se empleó un homogenizador ultrasónico con una potencia máxima de 500 W y una frecuencia de 25 kHz, las muestras se prepararon disolviendo 1 g de salvado de arroz negro en 25 mL de solución de etanol acidificada. Luego de la sonicación, la solución fue homogenizada empleando un agitador magnético por 15 minutos, finalmente, se centrifugó por 15 minutos a 4500 rpm, con el fin de obtener el sobrenadante y realizar los análisis correspondientes, estos autores determinaron que las condiciones óptimas para la extracción de flavonoides y antocianinas fue la combinación entre un tiempo de procesamiento de 33.78 minutos y una potencia de 234.01 W. Finalmente, concluyeron que este método era eficiente para la extracción de estos compuestos y que también contribuía al aprovechamiento de residuos, permitiendo su posterior reutilización e incorporación en otros procesos productivos. Adicionalmente, Ordóñez et al. (2015), mencionaron que, la extracción asistida por ultrasonido, puede ser aplicada a los chontaduros (*Bactris Gasipaes*), con el objetivo de extraer carotenoides totales. Para esto, los chontaduros fueron pelados y la cáscara fue secada en horno de convección a una temperatura de 60 °C, hasta que el producto esta alcanzó un nivel de humedad constante de 11 %, las muestras secas fueron molidas y tamizadas en una malla de 0.25 mm. La extracción asistida por ultrasonido se realizó en un baño de limpieza por sonicación, con una frecuencia de 40 kHz y una potencia de 80 W. Las muestras secas fueron añadidas a un volumen de 4 mL de aceite de girasol, en una proporción de 1:4, se emplearon tiempos de 10, 20 y 30 minutos y temperaturas de 25, 35 y 45 °C, respectivamente. Los autores determinaron que las condiciones óptimas de procesamiento se presentan a una temperatura de 35 °C, una intensidad de 1528 W/m² y un tiempo de 30 minutos. Con los parámetros anteriormente descritos, se obtuvo un contenido total de carotenoides de 163.47 mg / 100 g de piel seca. Pingret et al. (2012), emplearon esta técnica para producir extractos ricos en antioxidantes, a partir de la pomasa de manzana. La intensidad empleada fue de 0.765 W/cm², una temperatura de 40 °C y un tiempo de procesamiento de 40 minutos, con estas condiciones, lograron la extracción de 555 miligramos de catequinas por cada 100 gramos de producto seco.

En la Tabla 1 se presentan investigaciones realizadas sobre los métodos de extracción asistida por ultrasonido aplicados a alimentos y subproductos de la industria alimentaria.

Tabla 1. Extracción asistida por ultrasonido en alimentos y subproductos de la industria alimentaria

Autor(es) y año	Objetivo	Metodología y resultados
Rodríguez et al. (2024)	El objetivo del estudio consistió en extraer carotenos del mango (<i>Mangifera indica</i> L.), mediante solventes verdes y extracción asistida por ultrasonido.	Emplearon mango en estado de madurez completa (en grado 5), utilizaron pulpa de mango liofilizada durante 48 horas (empleando un liofilizador Christ Beta 2–8 LDplus) y almacenada a - 20 °C. para la extracción con solventes orgánicos volátiles, se empleó una amplitud de 2,5 una frecuencia de 50 Hz y una potencia de 50 W. En cuanto a la extracción asistida por ultrasonido, se empleó un tratamiento con 60 % de amplitud (36 µm) y un tiempo de 10 minutos. Con las condiciones mencionadas y mediante el uso de solventes como 2-metiltetrahydrofuran (2m-THF), se logró una extracción de betacarotenos de $32.47 \pm 1.43 \mu\text{g} / \text{g}$ de materia seca. Los autores determinaron que emplear solventes verdes con extracción asistida por ultrasonido es una excelente alternativa para la obtención de carotenoides en diferentes alimentos.
Kaur et al. (2024)	Realizar una modelización cinética y un estudio termodinámico para la extracción asistida por ultrasonido en fibra dietética contenido en cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i> L.).	Las muestras de cáscara de mango fueron sometidas a un secado solar por aproximadamente 4 días, con el fin de someterlas a moliendo y convertirlas en un polvo fino. Se empleó 1 g del polvo y se depositó en una solución tampón de 50 mL de fosfato (0.08 M, pH 6), se utilizó una sonda ultrasónica (Sinaptech NexTgen Lab 500) y la muestra fue tratada con alfa-amilasa, luego sometida a un baño de agua a 60 °C por 15 minutos. Posteriormente, se adicionaron 100 µL de proteasa y 200 µL de amiloglucosidasa, con incubaciones a 60 °C por 30 minutos tras cada adición. La extracción alcanzó un rendimiento de 71 %, aumentando a 73.5 % con tratamiento enzimático. Esta combinación representa una alternativa económica y ecológica para valorizar subproductos del mango.

Della et al. (2023)	Recuperación de compuestos fenólicos del aguacate, empleando para esto una extracción sólido - líquido asistida por ultrasonido.	Se emplearon relaciones matriz-disolvente 1:5, 1:10, 1:20, 1:30, 1:40 y 1:50 (% p/v) con un disolvente eutéctico profundo (Mezcla de Cloruro de colina y ácido láctico), temperaturas de 25, 40, 60 y 80 (°C) y tiempos de 1, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos. La relación de 1:30 a 25 °C por 15 minutos, fue la óptima, logrando una extracción de 8.29 ± 0.07 g GAE / 100 g.
Hefzalrahman et al. (2022)	Extracción de componentes fenólicos de la cáscara de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill).	Inicialmente los autores extrajeron 5 gramos de harina de la cáscara de aguacate. Posteriormente, se mezclaron con etanol al 80 % en diferentes proporciones en % p/v (sólido - líquido 1:10 y 1:20). Se emplearon potencias entre el 20 y 30 % de la potencia máxima del equipo (300 W) y tiempos de sonicación entre 10 y 60 minutos. Los resultados mostraron que la combinación de una relación sólido - líquido de 1:20, una intensidad del 20 % del total, con un tiempo de procesamiento de 30 minutos permitió obtener la mayor cantidad de compuestos fenólicos (35.4 ± 1.08 mg GAE / g de cáscara seca).
Zampar et al. (2022)	Llevar a cabo una extracción asistida por ultrasonidos de componentes fenólicos, presentes en la cáscara de piña, usando para esto diferentes tipos de solventes.	La muestra inicial presentaba un contenido de humedad de 81.40 ± 0.26 %. Los solventes empleados fueron: acetona (99.5 %), alcohol (99.5 %), isopropanol (99.9 %), ácido cítrico y ácido clorhídrico (HCl). Se optimizó la extracción variando tiempo (5 - 45 minutos), temperatura (30 - 60 °C) y potencia ultrasónica (0 - 100 W). Mediante una mezcla de etanol + solución ácida en una proporción de 1:1 (%v/v) se obtuvo el mayor contenido fenólico total de 405.06 mg GAE / 100 g. Además, determinaron que las condiciones que presentaron significativamente la mayor capacidad de extracción del contenido fenólico total, fueron: temperatura (60 °C), potencia (50 W) y tiempo (30 minutos).
Singh et al. (2022)	Extracción de fibra dietaria de la cáscara de piña, mediante extracción asistida por ultrasonido y extracción alcalina, con el fin de emplear estos extractos combinados con arroz negro rico en	Inicialmente, la cáscara de piña fue tratada con etanol al 85 %, en una proporción de 1:10 (% p/v). La frecuencia empleada fue de 20 kHz, con amplitudes entre 20 - 40 %, el rango de tiempo de la sonificación fue entre 10 - 30 minutos. Se obtuvo un rendimiento del 71.88 ± 0.19 % y un contenido de fibra dietaria de 86.87 ± 0.25 % mediante extracción alcalina y

	antioxidantes, para preparar galletas con valor nutricional agregado.	de 93.57 ± 0.21 % mediante extracción asistida por ultrasonido. La extracción asistida por ultrasonido mejora la obtención de fibra dietaria al reducir el tamaño de partícula, aumentar el área de contacto y favorecer la penetración del solvente mediante cavitación, lo que optimiza el rendimiento de extracción
Da Silva et al. (2020)	Extracción de carotenoides de los residuos de guayaba y de la pulpa, mediante 3 técnicas; maceración, baño ultrasónico y una sonda ultrasónica.	En el baño ultrasónico se empleó una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un tiempo de 30 minutos, para la sonda ultrasónica se empleó una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un tiempo de 5 minutos. La extracción asistida por ultrasonido fue la técnica más eficiente para la obtención de carotenoides, obteniendo una mayor cantidad significativamente mayor de licopeno de 160.4 ± 16.62 mg, para la pulpa y de 130.6 ± 1.34 mg para el residuo. Con el método de maceración se obtuvieron 135.6 ± 24.54 mg para la pulpa y 79.04 ± 3.32 mg, para el residuo. En cuanto al método de sonda ultrasónica, se obtuvieron 89.35 ± 1.63 mg para la pulpa y 65.09 ± 7.92 mg para los residuos.

2.2. Ventana de refractancia (VR)

Se han reportado diversos estudios respecto la influencia del secado por ventana de refractancia sobre la conservación de algunas propiedades organolépticas y fisicoquímicas de alimentos o subproductos de la agroindustria. En el estudio realizado por Delgado (2020), se evaluó el efecto de los métodos de convección forzada, liofilización y ventana de refractancia sobre las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y estructurales de la guayaba (*Psidium guajava*), empleando la deshidratación osmótica previa al secado. Se evaluó el contenido de vitamina C, humedad, capacidad antioxidante, fibra dietaria, fuerza de fractura y propiedades microbiológicas, en la guayaba, antes y después de cada tratamiento. Se determinó que el contenido de fibra dietaria fue mayor para la guayaba deshidratada mediante liofilización a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y presión de vacío de 130 micrones de Hg durante 24 horas (40.60 %), mientras que, la vitamina C, la capacidad antioxidante y la fractura máxima fue mayor mediante el método de secado por ventana refractiva a $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 4 horas, obteniendo unos valores de $3,092.02 \pm 1.22\text{ }\mu\text{moles}$; Eq.Trolox / g, $25.44 \pm 2.93\text{ mg} / 100\text{ g}$ y $395.73 \pm 2,18\text{ N}$, respectivamente. Se concluyó que el secado por ventana refractiva es el más adecuado para esta guayaba, puesto que conserva significativamente las características fisicoquímicas y reduce la actividad microbiana de la guayaba en comparación con los métodos de liofilización y convección forzada

García (2018), evaluó sensorialmente la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.), deshidratada mediante el método de ventana refractiva y se comparó los resultados con la evaluación de esta pulpa de mango deshidratada mediante el método de bandejas. Se utilizaron 3 temperaturas ($80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $90\text{ }^{\circ}\text{C}$) y 3 tiempos de secado (10, 15 y 20 minutos). Se compararon estos resultados con los obtenidos para el método de secado por bandejas, empleando las mismas condiciones descritas anteriormente. El método de secado por VR con muestras de 10 mm de espesor y condiciones de proceso a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 10 minutos, presentó mayor aceptación en 3 de las 4 características evaluadas (sabor, color, aroma y textura).

En la Tabla 2, se exponen los resultados de los estudios previos y se informan investigaciones adicionales sobre el método de secado por ventana refractiva, aplicadas a los alimentos o subproductos previamente descritos.

Tabla 2. Antecedentes del método de ventana de refractancia

Autor(es) y año	Objetivo	Metodología y Resultados
Nguyen et al. (2022).	Evaluó el efecto del secado por ventana de refractancia sobre la actividad antioxidante, el contenido fenólico y los parámetros de color para polvos producidos a partir de pulpas de mango y aguacate.	Se emplearon temperaturas de 80, 85, 90 y $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, el secado se realizó hasta alcanzar un contenido de 0.04 % (B.S). En el método de secado por ventana de refractancia, la evaporación se da rápidamente, con una difusividad efectiva de $4.25 \times 10^{-10}\text{ m}^2/\text{s}$ a $7.24 \times 10^{-10}\text{ m}^2/\text{s}$ para la pulpa de aguacate, y de $4.50 \times 10^{-10}\text{ m}^2/\text{s}$ a

		10.67x10⁻¹⁰ m²/s para pulpa de mango. Adicionalmente, se reporta una energía de activación de 32.06 y 66.03, respectivamente. Con base en los resultados obtenidos, los autores concluyen que, a partir de 90 °C, se obtiene un polvo de mayor calidad y una retención de aproximadamente el 85.6 % de la actividad antioxidante y el contenido fenólico total.
Muyonga et al. (2021)	Emplear el método de ventana de refractancia para obtener trozos de piña deshidratada que conserve compuestos bioactivos de importancia, la calidad nutricional y organoléptica del alimento	Se emplearon temperaturas entre 70 y 90 °C y espesores de las rodajas y el puré de piña, entre 2 y 3 mm. Las variables de respuesta fueron, tiempo de secado y concentración de vitamina C. Los autores determinaron que las condiciones óptimas de secado son 86.2 °C, 2.9 mm de espesor y 58 minutos para el puré, y 78.9 °C, 2 mm y 96 minutos para las rodajas. Bajo estas condiciones, el contenido de vitamina C fue de 64.88 mg/100 g y 46.83 mg/100 g, respectivamente.
Shende & Datta (2020)	Evaluación de las condiciones de secado por ventana de refractancia sobre pulpa de mango.	Se emplearon temperaturas de (80, 90 y 95 °C) y espesores de pulpa de 2, 3 y 4 mm. Las variables a considerar fueron el tiempo de secado, el contenido de ácido ascórbico y contenido fenólico total. Los resultados obtenidos son los siguientes: Ácido ascórbico (62.33 ± 0.61 mg/100 g DW), contenido fenólico total (7.72 ± 0.07 mg GAE/g DW) y una dureza de 4.60 N. Finalmente se determinó que la mejor condición de secado se presentó con una temperatura de 95 °C y un espesor de 2 mm. El tiempo de secado del método de ventana de refractancia fue de 34.67 ± 0.57 min, para el secado en bandejas fue de 258.33 ± 10.41 y para el secado en horno fue de 441.67 ± 7.64 min.
Rosero (2018)	Se realizó una comparación entre las técnicas de secado por VR y el secado por convección forzada, en frutas como papaya, mango, guayaba y piña.	La comparación mostró que el método por ventana alcanza la humedad en equilibrio más rápido (11.1 % en 120 min) que la convección forzada (11.4 % en 360 min). Se concluye que el secado por ventana refractiva preserva mejor las características del alimento, siendo más adecuado para la producción de polvos o concentrados.

2.3 Secado solar

Este método es ampliamente conocido y usado en algunos sectores de la agroindustria, se caracteriza por su versatilidad, simplicidad y bajos costos de producción, a cambio de largos tiempos de proceso si se compara con otros métodos. Madrigal & Chavarria (2020) establecen por medio de su estudio sobre secado solar y por bandejas de los subproductos del café y posterior incorporación en productos de panificación, que el secado solar es igual de efectivo al entregar resultados similares en términos nutricionales si se lo compara con el secado por bandeja. Por otro lado, como se puede observar en el estudio realizado por Alza & Aurora (2019) donde se comparó el método de secado solar (durante 4 a 5 días), con el método de secado por liofilización (temperaturas entre -30 a -10 °C y presión atmosférica de 0.034mBar) y secado por bandeja (55 °C durante 8 horas), para el secado alcachofas, para elaboración de harina, arrojando resultados de humedad menores al 10 % y una retención de la actividad antioxidante del 70 % para el secado solar, 80% para el secado en bandejas y 90 % para el secado por liofilización. Demostrando que, a pesar de ser un método de baja complejidad, entrega resultados aceptables en comparación a estos métodos que requieren más sofisticación e inversión sacrificando tiempo de proceso. Así mismo los productores de café a nivel nacional, han usado este método para el secado de los granos de café en pequeñas fincas productoras, para aprovechar la energía proveniente del sol, y adaptando sus necesidades al territorio (Oliveros et al., 2013). Lo anterior entrega un panorama donde se puede analizar que, aunque el secado solar no compite con otros métodos de secado en términos de cualidades nutricionales, si lo hace económicamente y en simplicidad.

En la Tabla 3, se amplían los resultados de los estudios presentados previamente y se incluyen investigaciones adicionales sobre el secado solar, aplicadas a diferentes alimentos o subproductos.

Tabla 3. Secado solar en alimentos y subproductos de la industria alimentaria

Autor(es) y año	Objetivo	Metodología y Resultados
Moneim et al. (2023)	Comparar y evaluar el efecto del secado de mango sobre la composición nutricional, entre los métodos de secado solar en secador convectivo, secado por horno y secado solar directo	El mango fue pelado y cortado en rodajas con espesores entre 3 - 5 mm. Para llevar a cabo el secado, se emplearon 30 g de muestra en 3 métodos distintos: Secado solar directo, secado solar asistido por equipo y secado en horno. Para el secado solar directo, la muestra fue dispuesta sobre un tamiz y expuesta directamente a la radiación solar, midiendo la humedad cada hora, durante un periodo aproximado de 16 horas. En el secado solar asistido, las muestras fueron dispuestas sobre este equipo, la humedad fue medida cada hora y el tiempo de secado aproximado fue de 18 horas. Para el secado por horno, las muestras fueron envueltas en papel aluminio y tratadas a una temperatura de 70 °C. El tiempo de secado aproximado fue de 23 horas.

El análisis nutricional de la muestra de mango fresco (por cada 100 g) reveló un contenido de 78.77 % para la humedad, 1.40 % proteína, 0.32 % cenizas, 0.55 % grasa, 9.96 % fibra y 9 % carbohidratos. Tras el secado en horno, la humedad final de la muestra fue de 0 % (b.h), el contenido nutricional fue de 3.20 % proteína, 1.88 % cenizas, 1.24 % grasa, 10.25 % fibra y 77.12 % carbohidratos. Por otro lado, las muestras de mango en el secado solar asistido, alcanzaron una humedad final de 22.3 % (b.h) y un contenido nutricional de 3.35 % proteína, 1.75 % cenizas, 1.34 % grasa, 9.99 % fibra y 76.72 % carbohidratos. Finalmente, para el secado solar directo, se alcanzó una humedad final de 46.7 % y un contenido nutricional de 4.02 % proteína, 1.65 % cenizas, 1.45 % grasa, 10.20 % fibra y 74.65 % carbohidratos. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que si bien el secado solar no reduce la humedad a niveles tan bajos en un período de tiempo corto como en el caso del secado por horno, constituye un método de alta efectividad que permite preservar componentes nutricionales, mediante el uso de una tecnología más sostenible y con un menor impacto ambiental, lo que la convierte en una opción viable para el aprovechamiento de residuos agroindustriales.

Pérez et al. (2020) Determinar el efecto de dos metodologías de secado; solar y por estufa, sobre el contenido nutricional en rodajas de piña (*Ananas Comosus*).

Se clasificaron las piñas de tamaño uniforme. Luego, se cortaron rodajas de 1 cm de espesor, para ambos tratamientos. Para el secado solar, inicialmente se midió la humedad de las rodajas de piña fresca. Luego, estas fueron colocadas en los tamices del equipo. El secado se realizó por un tiempo de 96 horas y una temperatura máxima de 65.2 °C. En el caso del secado por estufa, el procedimiento se realizó por 48 horas, a una temperatura aproximada de 65 °C.

El contenido nutricional de la fruta fresca (por cada 100 g de piña) fue de 82.29 ± 0.003 % de humedad, 28.20 ± 1.03 mg de Calcio, 8.50 ± 2.53 mg de Magnesio, 3.96 ± 0.56 de fósforo y 140 ± 34.15 mg de Potasio. En el caso del secado solar, se obtuvieron concentraciones (en mg / 100 g) de Calcio 240 ± 10 , Magnesio 650 ± 40 , fósforo 540 ± 30 y Potasio 120 ± 10 . Para el secado por estufa, se obtuvieron concentraciones para Calcio de 420 ± 20 , Magnesio 460 ± 30 , fósforo 510 ± 30 y Potasio 310 ± 20 .

De acuerdo con los resultados, para el potasio y el calcio, estos nutrientes aumentaron después del secado

		en la estufa. Mientras que, para el Magnesio y el fósforo, estos presentaron valores mayores en el secado solar. Por lo anterior, para este caso, las muestras de piña presentaron diferencias significativas entre ambos métodos de secado, siendo el método de secado por horno más adecuado para estas muestras, puesto que, sensorialmente, sus características se ven menos degradadas que en el secado solar.
Camayo et al. (2020)	Desarrollar un secador solar automatizado para productos agrícolas, analizando su comportamiento térmico y evaluando la viabilidad del secado de papa Yungay en este equipo, así como el impacto de la temperatura de secado y la solución de bisulfito de sodio en la calidad del producto para su comercialización	Se cortaron papas en cubos de 1x1,5 cm y posteriormente fueron distribuidas homogéneamente dentro del cuarto de secado. La humedad inicial medida de las muestras fue de 67 %. Se evaluó el color, acidez, pH, análisis proximal por AOAC, cenizas y humedad. Las muestras se secaron por 9 horas diarias durante 3 días. Los resultados del tratamiento con la solución de bisulfito a diversas concentraciones, no presentaron diferencias significativas entre los grupos evaluados. No obstante, se observó un rendimiento óptimo a 50 °C y una concentración de bisulfito de 0.02 %. Durante el proceso de secado, se registraron temperaturas internas que alcanzaron hasta 50 °C, logrando contenidos de humedad que oscilaron entre 12 % y 13 %. Estos valores cumplen con los parámetros de calidad de la NTP.011.110.
Hernández et al. (2019)	Estudiar el proceso de secado de chicozapote por medio de secado solar a bajo costo.	Se cortaron muestras de 5 mm de grosor chicozapotes previamente seleccionados con un grado de maduración similar. A su vez, se separaron muestras para ser deshidratadas por método de horno a 90 °C durante 2 horas, verificando variaciones de peso cada 20 minutos hasta peso constante. El secado se llevó a cabo en un secador solar indirecto activo. Hasta una humedad del 12 % por medio de secado solar lo que indica un contenido adecuado para almacenamiento, y comparando con el contenido de humedad del 8 % obtenido por método de horno.
Andión et al. (2012)	Evaluar un secador solar diseñado y fabricado en el Centro de Investigaciones de Energía Solar para el estudio del secado de hollejo de naranja.	En un lapso de tiempo de 1 año, se tomaron y pesaron muestras de hollejo de naranja de 0,8 kg y se depositaron sobre una bandeja metálica en una sola capa y se eligieron días claros en estación invernal durante la cosecha de naranjas. Una vez cargado el secador con el producto, se expuso al sol en horarios de 9:00 a.m a 4:00 p.m y se registraron cada hora los valores de temperatura ambiente, humedad relativa

		ambiente, la radiación solar y temperaturas en tres puntos del secador. Las temperaturas registradas oscilaban de 30 - 50 °C. Justo después de las 4:00 pm, las muestras control se guardaron en condiciones ambientales y se comprobó periódicamente la pérdida de humedad. Este procedimiento se llevó a cabo durante 3 días, para posteriormente medir el contenido de humedad de las muestras. Finalizados los 3 días, y una vez confirmado un contenido de humedad menor al 10 %.
Gutiérrez et al. (2011)	Construir y operar un prototipo de secadero solar indirecto de bajo costo con ventilación natural, y evaluar la calidad del producto deshidratado mediante el análisis de sus propiedades organolépticas.	Se diseñó y construyó el secador solar, con el fin de evaluar el desempeño de este, en el proceso de secado de hierbas aromáticas. Para esto, se tomaron muestras enteras de perejil y lavanda, las cuales fueron sometidas a un proceso de secado, en el transcurso de este procedimiento, se realizaron mediciones de temperatura en puntos estratégicos del secador, este registro se llevó a cabo en un intervalo de cada 4 horas, durante 3 días. Los resultados obtenidos, permitieron demostrar el potencial del prototipo construido, puesto que se obtuvo una reducción de humedad en las muestras de lavanda y perejil, desde un valor inicial de 85 % hasta un valor final de 15 %.

3. POTENCIAL DE LOS SUBPRODUCTOS PROCESADOS PARA LA FORMULACIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES

El potencial de los subproductos dependerá de su procedencia, aunque los diferentes frutos presentan variabilidad en las proporciones de nutrientes, es muy habitual que su principal aporte radica en carbohidratos, fibra dietaria, minerales y vitaminas, y en menor proporción proteínas y grasas, lo que los hace tener un enfoque más especializado en la fortificación de productos alimentarios, y su principal implementación la encontraremos en forma de harina. Así que, productos de panificación, repostería, snacks y pastas son los más beneficiados con la adición de porcentajes bajos de subproductos para evitar cambios negativos a sus características organolépticas como olor, sabor o textura (Mwaurah., 2020; Padhi et al., 2022; Moreno et al., 2024).

Tanto los subproductos del mango como los de la guayaba poseen un alto contenido de fibra y minerales, lo que los hace valiosos en diversas aplicaciones. Sin embargo, es importante considerar que las altas temperaturas, como las utilizadas en la panificación, pueden reducir significativamente el contenido vitamínico de estos subproductos debido a su sensibilidad al calor. Además, aunque los subproductos de la guayaba destacan por su aporte de proteína, es importante limitar su incorporación a un máximo del 30% de la masa total del producto final para preservar un sabor y textura óptimos

En cuanto a los subproductos de la piña, presentan potencial para la elaboración de productos alimentarios principalmente en la cáscara, donde su principal aporte radica en la fibra y minerales, lo anterior no se limita a productos de panificación, sino que también se incluyen algunos productos cárnicos. Para el corazón y la corona su potencial en la actualidad se encuentra dirigido a la elaboración de productos biodegradables como empaques.

Los subproductos del aguacate destacan principalmente por contenido de actividad antioxidante, antiinflamatoria y antidiabética, así como la capacidad de reducir lípidos sanguíneos, estos pueden ser usados en la industria de alimentos, farmacéutica, dermocosmética e industria relacionada a la salud (Vinha et al., 2020)

Los subproductos agroindustriales empleados para alimentación animal, en lugar de los alimentos convencionales, pueden reducir en un 94 % la huella de carbono, en comparación con los piensos tradicionales. Además, la sustitución de granos y cereales por subproductos agroindustriales, permite disminuir hasta en un 20 % el uso de tierras agrícolas en Europa (Kim & Kim., 2010; Zu et al., 2016)

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación de residuos agroindustriales a nivel mundial constituye una problemática; contribuyendo a la proliferación de enfermedades, plagas y daños a ecosistemas, debido a su disposición inadecuada (Ayungua, 2021). Aunque la cuantificación global de estos residuos es difícil debido a factores como la zona geográfica o el tipo de suelo y tecnología, en Colombia, se estima que se producen 71 millones de toneladas anuales, provenientes de cultivos como caña de azúcar, plátano, y café, con un aprovechamiento de solo el 17 % (Romero, 2022).

A nivel nacional, se estima que, para el año 2022, la producción anual de mango alcanzó las 350.000 toneladas (ICA, 2022). De esta cantidad, Colombia exporta aproximadamente 9,087,252 kilogramos de mango procesado al año. Se calcula que entre el 35 % y el 60 % del peso del fruto corresponde a residuos, incluyendo cáscaras, semillas, restos de pulpa y fibra, lo que equivale a un volumen de desechos estimados entre 3,180,539.95 y 5,452,354.2 kilogramos (Gómez & Guzmán, 2019; Trujillo, 2021).

Según Minagricultura (2023), para los años 2020 y 2021, se presentó un aumento en la producción de guayaba a nivel nacional, alcanzando una producción anual aproximada de 160,000 toneladas. Esta cifra es significativamente más alta que en años anteriores, puesto que en el 2019 se produjeron casi 8,000 toneladas y para el 2018, la cifra se encontraba en 12,000 toneladas. De las 160,000 toneladas mencionadas inicialmente, aproximadamente el 31 % corresponde al procesamiento de la fruta. Es decir, alrededor de 49,600 toneladas (Blanco et al. 2019; Aguilera et al. 2020). Adicionalmente, se estima que, aproximadamente el 25 % en peso de producto corresponde a los subproductos de guayaba (Velasco et al, 2020). Es decir, se generaron alrededor de 12,400 toneladas de subproductos de guayaba anuales en Colombia.

La producción de aguacate en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, pasando de 376,000 toneladas en 2017 (Finagro, 2018) a 535,021 toneladas en el 2019 (Rincón, 2021), luego, aumentando esta cifra a 638,591 toneladas en 2020 (Minagricultura, 2020) y elevándose aún más en el 2021 hasta una cifra aproximada de 661,000 toneladas (Minagricultura, 2021). Por otro lado, en un contexto mundial, para el año 2019, la producción de aguacate fue de 6,766,484 toneladas. Mientras que, para el 2021 fue de 7,200,000 toneladas (Minagricultura, 2020; Minagricultura, 2021). Los residuos generados del procesamiento industrial de aguacate, principalmente piel y semilla, representan del 25 % al 30 % del peso total del fruto (Mohammed et al., 2020; Mora et al., 2021; Acquavia et al., 2023). Por lo tanto, se estima que en 2021 se produjeron aproximadamente 2,160,000 toneladas de residuos de aguacate a nivel mundial (Rodríguez et al., 2022; Salazar et al., 2020)

En Colombia, la producción de piña alcanzó una cifra de 1,174,995 toneladas en 2019, con Santander y Valle del Cauca liderando la producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Los residuos del procesamiento agroindustrial de la piña, que incluyen cáscara,

corazón y corona, representan entre el 45 % y el 65 % del peso total de la fruta (Da-silva et al., 2013; Paz et al., 2023). Esto implica que, en 2019, se generaron aproximadamente entre 528,748 y 763,747 toneladas de residuos de piña en el país

Por lo anterior, es necesario realizar una investigación exhaustiva que permita dar a conocer el panorama general acerca de la generación de los residuos o subproductos de los alimentos anteriormente mencionados y de la misma forma, proporcionar información resultante de la exploración bibliográfica sobre algunas tecnologías verdes; como la ventana de refractancia, extracción asistida por ultrasonido o, secado solar, las cuales permitan aprovechar estos residuos, proporcionándoles valor en la cadena productiva y mitigando impactos ambientales, producto de los procesamientos tradicionales.

5. JUSTIFICACIÓN

Debido al gran volumen de productos hortícolas que se presenta en la industria de alimentos, la cantidad de residuos generados de esta, pueden ocasionar problemas medioambientales si se realiza una disposición inadecuada de los subproductos. Algunos de estos problemas pueden ser las altas emisiones de CO₂, gases de efecto invernadero, proliferación de malos olores, plagas, contaminación de cuerpos de agua por lixiviación y/o partículas por quema incontrolada. Por esta razón, es de vital importancia realizar un aprovechamiento de los residuos producidos en el procesamiento de alimentos hortícolas, puesto que la biomasa generada, aún posee compuestos que son de interés para diferentes áreas de la industria, como la farmacéutica, nutracéutica, alimenticia, textil, industrial, ganadera y constructora. En la actualidad, existen diversas tecnologías y metodologías que permiten realizar un aprovechamiento de estos residuos o subproductos, permitiendo que sean empleados como compuestos en formulaciones para alimentos de consumo humano y animal, enriquecimiento de suelos, producción de vapor, lombricultivos, cosméticos, producción de biosurfactantes, generación de etanol y producción de biohidrógeno (Vargas & Pérez, 2018; Romero, 2022). El uso de las tecnologías verdes es fundamental en este proceso, ya que permite crear productos, servicios y metodologías respetuosas con el medio ambiente, reduciendo la emisión de contaminantes y minimizando el impacto ambiental en ecosistemas acuáticos y terrestres, así como en poblaciones humanas. Además, estas tecnologías aumentan la productividad y rentabilidad de las organizaciones al optimizar el uso de recursos energéticos e hídricos, contribuyendo a la disminución de la huella de carbono y a la liberación de gases de efecto invernadero (Cuevas, I., Soto, M & Rocha, L., 2017; Luna, 2020; Aguiar, S., Enríquez, E & Cabadiana, U., 2022).

La presente investigación pretende evaluar el potencial que presentan algunos subproductos o residuos agroindustriales, cuyo contenido de macro y micronutrientes, así como también de compuestos bioactivos aún puede ser aprovechados en diferentes industrias, permitiendo ser un método de apoyo en la economía circular y la revalorización de estos residuos. Se presentarán algunos métodos y desarrollos tecnológicos amigables con el medio ambiente que permiten que sea posible la extracción o el aprovechamiento de este tipo de compuestos presentes en diferentes residuos orgánicos. La utilidad metodológica de la investigación presentada consiste en proporcionar un panorama general acerca de las metodologías y tecnologías verdes, así como también investigaciones llevadas a cabo por diferentes autores, a través de las cuales, se permite realizar un análisis acerca del beneficio que estas puedan generar en diferentes proyectos, razón por la cual, pueden realizarse futuras investigaciones compatibles que permitan realizar análisis conjuntos y deducciones acerca de la conveniencia sobre el uso de estas tecnologías, los residuos agroindustriales expuestos y el desarrollo de nuevos productos o fortificación y enriquecimiento de alimentos preexistentes.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el uso de las tecnologías verdes para aprovechar residuos agroindustriales como ingredientes o compuestos de valor nutricional o funcional, destinados al desarrollo de alimentos funcionales, mediante una revisión crítica.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el potencial de los subproductos derivados del mango (*Mangifera indica* L.), guayaba (*Psidium guajava*), piña (*Ananas comosus*) y aguacate (*Persea americana* Mill.), mediante el análisis de su composición nutricional y sus propiedades funcionales.
- Analizar el uso de las tecnologías verdes de ventana de refractancia, extracción asistida por ultrasonido y secado solar, para la extracción de compuestos bioactivos o componentes funcionales presentes en residuos alimenticios.

7. ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA

La búsqueda de información se realizó en bases de datos científicas como *proQuest*, *Mendeley*, *Redalyc*, *sciELO*, *ScienceDirect*, *Springer Link*, *Taylor & Francis*, *Wiley Journals*, *Scopus*, *Web of Science*. Esta búsqueda se realizó empleando palabras claves como “residuos agroindustriales”, “Subproductos agroindustriales”, “Propiedades fisicoquímicas de residuos de la agroindustria”, “Aprovechamiento de residuos industriales”, “Alimentos funcionales”, “Propiedades fisicoquímicas de residuos agroindustriales”, “Subproductos de la piña”, “subproductos del mango”, “subproductos del aguacate”, “subproductos de la guayaba”. Se emplearon ecuaciones de búsqueda como “functional foods AND Avocado residues”, “functional foods AND mango residues”, “functional foods AND pineapple residues”, “functional foods AND guava residues”, “Agroindustrial by-products AND functional foods”, “Agroindustrial residues AND functional foods”. Los artículos que fueron consultados datan desde el año 2014 hasta el año 2024.

A través de los artículos mencionados anteriormente, fue posible conocer las cifras de producción de residuos que se generaron a nivel mundial o en diferentes países, el aprovechamiento que se le da a estos residuos, sus propiedades fisicoquímicas, las aplicaciones potenciales de estos, y la reducción de la contaminación ambiental mediante el aprovechamiento de los mismos.

Se realizó la búsqueda de “residuos agroindustriales” en la base de datos de SCOPUS (Ver Figura 1) y se observó la cantidad de documentos publicados por año.

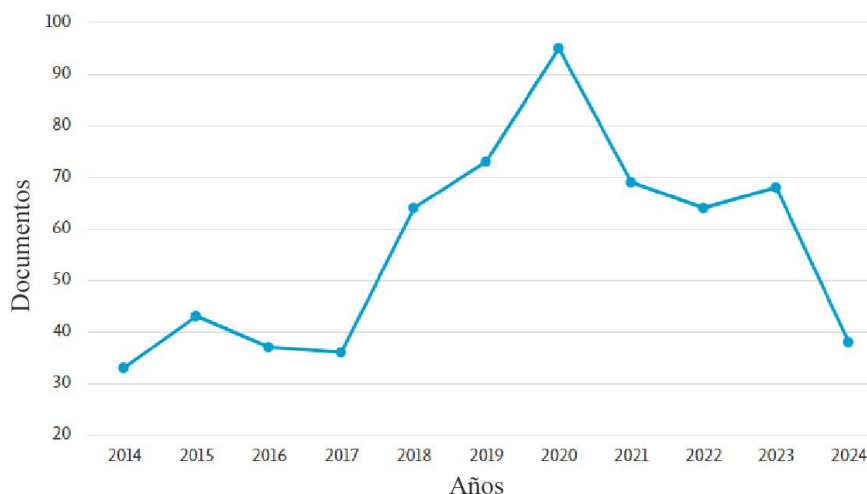


Figura 1. Documentación relacionada a la búsqueda de acuerdo con el año de publicación

El punto auge de la investigación de este tópico se presentó en el año 2020, con un total de 95 documentos registrados. Hasta el año 2024 se encuentran 38 investigaciones relacionadas a este tópico.

La Figura 2 muestra cómo diferentes países contribuyen en investigaciones en el área de estudio.

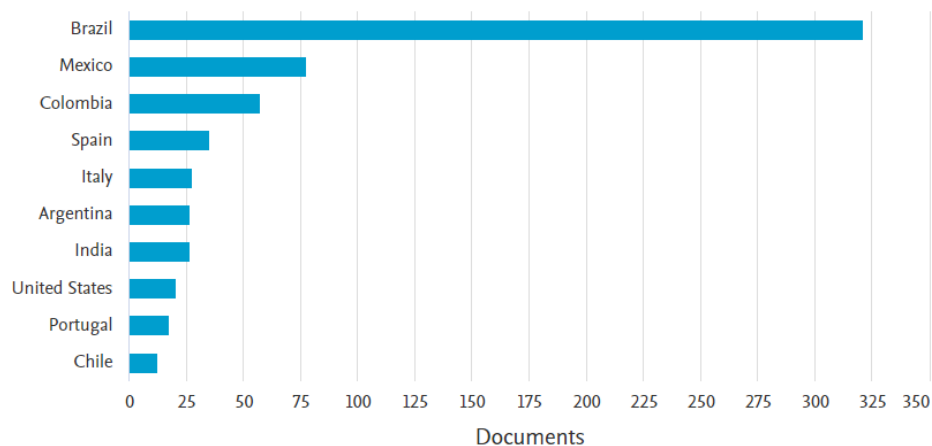


Figura 2. Investigaciones sobre residuos agroindustriales de acuerdo con cada país

Según los datos registrados por la base de datos de SCOPUS, el país que posee la mayor cantidad de investigaciones relacionadas a los subproductos agroindustriales es Brasil, con un total de 321 documentos presentes en esta base de datos, seguido de México, con 77 documentos y Colombia, con 57 investigaciones. Siendo la Universidad de Sao Paulo quien presenta la mayor investigación sobre este tópico, con un total de 22 documentos registrados.

En la Figura 3 se presentan las diferentes áreas en las cuales se han realizado investigaciones y estudios acerca de los residuos o subproductos agroindustriales. Las áreas con mayor investigación sobre este tipo de residuos son principalmente, la agricultura y ciencias biológicas, la bioquímica, la ingeniería química y otras ramas de las ingenierías. En cuanto a aquellas que menores estudios han realizado sobre el tema, se encuentran las áreas de física y ciencias de materiales.

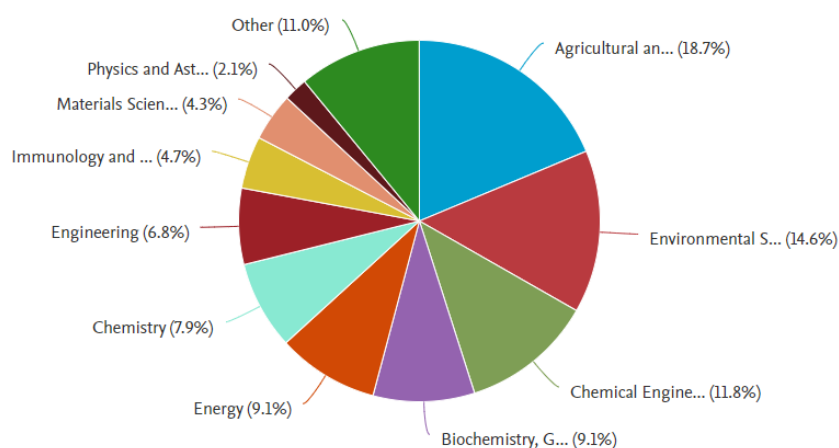


Figura 3. Investigaciones sobre residuos agroindustriales en diferentes áreas

Adicionalmente, mediante el software VOSviewer, se extrajeron los datos proporcionados por la base de datos, dentro de los cuales se mencionaron palabras clave acerca de la búsqueda realizada como se muestra en la Figura 4.

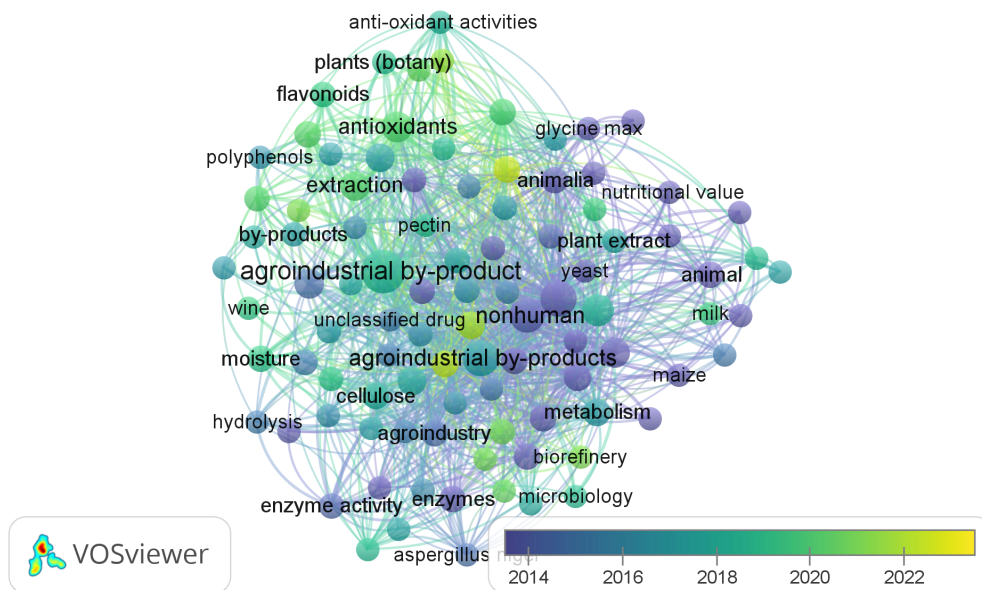


Figura 4. Investigaciones sobre residuos agroindustriales (VOSviewer, 2024).

De acuerdo con lo anterior, es posible visualizar por superposición, palabras claves relacionadas a la búsqueda de información acerca de los residuos agroindustriales y algunos de los componentes o estudios que pueden ser de interés. Para este caso, las palabras con mayor importancia que se presentan en el mapa son las siguientes: “agroindustria”, “celulosa”, “extractos de plantas”, “pectina”, “hidrólisis”, “actividad enzimática”, “extracción”, “polifenoles”, “flavonoides”, “antioxidante”, “valor nutricional”, “botánica”, “biorefinería”, “levadura” y “metabolismo”.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. Residuos agroindustriales

Los subproductos de la agroindustria hacen referencia a la biomasa que es generada durante el consumo o industrialización de un producto proveniente de la industria primaria y que ya no son de interés para la cadena de producción que los generó, pero que, a su vez, pueden ser aprovechados para generar otros productos, tanto para la industria de alimentos, como para otras industrias, como farmacéutica y cosmética, los cuales permiten mejorar la economía de la región y mitigar impactos ambientales (Rojas et al., 2019; Silva et al., 2022).

En los últimos 30 años, la producción de residuos sólidos urbanos ha aumentado exponencialmente gracias al nivel de desarrollo, crecimiento económico y patrones de consumo, generando así grandes problemas ambientales, debido a que estos subproductos aún son fuente importante de nutrientes, la comunidad científica ha estado realizando esfuerzos que permitan generar soluciones tecnológicas para la utilización de este tipo de residuos, dados los problemas que hay en su disposición final, recolección y reciclaje, ya que a nivel mundial, se producen 2,000 millones de toneladas por año de estos residuos, y se espera que para 2050 sea un valor estimado de 4,500 millones. Se estima que el 34 - 53 % de estos residuos son orgánicos y biodegradables, de los cuales alrededor del 40 % son residuos provenientes de la fabricación de alimentos. Muchos de estos residuos no son gestionados de la manera adecuada, causando así, más del 70 % del gas de efecto invernadero a nivel mundial, lo que hace necesario desarrollar e implementar métodos y tecnologías eficientes, para aprovechar estos subproductos y transformarlos en productos de valor agregado, contribuyendo así a una economía circular y sostenible que favorezca la conservación de los ecosistemas y la reduzca la explotación de recursos naturales (Triviño et al., 2021). Los subproductos de la agroindustria representan una amplia fuente de desechos, cuyo destino son los rellenos sanitarios o fuentes hídricas. Algunos datos reportados sobre la cantidad de estos desechos producidos, informan que, el 60 % son provenientes del proceso de cosecha y alrededor del 40 % del proceso de industrialización, se destaca que de estos desechos, una parte se emplea para evitar la erosión del suelo durante su producción, mientras que otra, se destina a la generación de vapor, compostaje o alimentación animal (Montes et al., 2020).

Los subproductos agroindustriales contienen características variadas dependiendo de su procedencia, estas características les otorgan valor para diferentes procesos, tales como, compostajes y lombricultivos, producción de metano, residuos de zanahorias y levaduras de cerveza descartadas de las empresas para la generación de etanol, producción de biohidrógeno a partir de diferentes fuentes de residuos agroindustriales (suero lácteo, paja de arroz, paja de avena), cáscaras de cítricos para el aprovechamiento de sus vitaminas y componentes activos en productos alimenticios, uso de salvado de arroz para producción de productos como bebidas, biopelículas y alimentos funcionales, también se puede realizar la obtención de dextrano para uso en la industria alimentaria como espesante y en el área de tratamiento de aguas como floculante a partir de cáscara de naranja, piña y cachaza de caña panelera, adicionalmente, es posible hacer uso de residuos de la agroindustria para la

producción microbiana de biosurfactantes que pueden ser empleados en diferentes industrias como lo son; la agricultura, industria alimentaria, industria petrolera, industria cosmética y farmacéutica, entre otras (Cury et al., 2017; Sagar et al., 2018; Vučurović et al., 2024; Rivero et al., 2024).

8.2. Mango (*Mangifera indica* L.)

El mango, como comúnmente se le conoce, es un fruto originario de la zona de Asia tropical, pero que se naturalizó en la mayoría de países tropicales, incluyendo Suramérica (Shah, 2010), siendo uno de los frutos tropicales más importantes a nivel mundial, considerado el quinto mejor en producción total de cultivos frutales y cultivado en más de 100 países diferentes (Ávila, 2018) además de ser la fruta tropical más consumida y comercializada en el mundo, puesto que en el 2018, a nivel mundial, esta fruta representó el 52 % de la producción total de frutas. En la industria se producen multitud de productos a base de este fruto, tales como jugos, néctares, mermeladas, purés, encurtidos, salsas picantes y rebanadas enlatadas y secas que no incluyen la piel y la pepa (Lora, 2023). Para el 2021, la producción de mango a nivel mundial se encontraba alrededor de 60 millones de toneladas por año, cifra que representa un incremento con respecto al año 2017 con 55 millones de toneladas dicho fruto ha demostrado un crecimiento cercano al 10 % tanto nacional como internacionalmente en derivados de este, en especial en el mercado de pulpas (Gomez, 2019; Becerra, 2023), lo que le confiere a los subproductos del mango potencial para la industria alimentaria. Ávila (2018), plantea un intervalo entre 35 - 60 % entre cáscara y semilla, del peso total del mango, resultados similares a los que expone Lora (2023). Estos datos nos indican que un aproximado de 21 millones de toneladas anuales, de los 60 millones anteriormente mencionadas serían potenciales subproductos del mango, que pueden ser aprovechados para la incorporación en alimentos. (Arias et al., 2024)

El mango está formado principalmente por cáscara o pericarpio, que es el recubrimiento liso que se puede apreciar a simple vista y toma coloración dependiendo del grado de maduración del fruto. Pulpa o mesocarpio, que se encuentra debajo del pericarpio, es jugosa con fibrosidades y de color amarillo o anaranjado. Endocarpio, que es un recubrimiento grueso y leñoso cubierto por una capa fibrosa y que envuelve la semilla, esta última con una forma ovalada aplanada (Buitrago 2014; Arcila 2022).

El mesocarpio del mango puede presentar diferencias nutricionales debido a la especie del mango que se esté analizando, pero en términos generales, tienen similitudes significativas, donde se destaca su considerable aporte en carbohidratos y alto contenido de humedad, así como en considerable menor medida, nutrientes como proteína y grasas (Ávila & Villanueva, 2018).

En la Figura 5, se presentan las partes que componen al mango:



Figura 5. Pulpa y subproductos de mango. Tomado de Mwaurah et al. (2020)

En la tabla 4, se presenta el contenido nutricional de la pulpa de mango, de acuerdo con lo reportado por diversos autores.

Tabla 4. Composición nutricional en porcentaje de la pulpa de mango según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
81.71 %	0.51 %	0.27 %	17.60 %	-	0.50 %	Ávila & Villanueva (2018)
78.9 - 82.8 %	0.36 - 0.40 %	0.30 - 0.53 %	16.20 - 17.18 %	0.85 - 1.06 %	0.34 - 0.52 %	Maldonado (2019)
83.50 %	0.80 %	0.40 %	15.00 %	1.60 %	0.20 %	Ortega et al (2021)
75.80 - 78.67 %	0.78 - 1.02 %	-	10.86 - 20.23 %	1.83 - 2.98 %	-	Arias et al (2024)

8.3. Guayaba (*Psidium guajava*)

Es una fruta tropical originaria de América, siendo una de las más conocidas y cultivadas en el mundo. También es ampliamente cultivada en Colombia, donde se conocen dos variedades principalmente (globosa y periforma). Su producción mundial está alrededor de las 2 millones de toneladas y cuyos principales productores son: India, Brasil, Pakistán, México, Egipto, Colombia y Malasia (Buitrago et al., 2024)

La fruta contiene vitamina C y compuestos antioxidantes de los cuales destaca el betacaroteno y siendo también baja en carbohidratos y grasas, sumado a su alto contenido de humedad (Quintero et al., 2019), para fines comerciales, se utiliza para la elaboración de mermeladas, jugos, néctares, pulpas, concentrados, entre otros, lo que representa aproximadamente del 70 - 75 % de la fruta, lo que supone un descarte como subproducto del 25 - 30%, lo que ambientalmente trae problemas (Velasco et al., 2020).

En el fruto destacan 3 componentes principales, epicarpio o cáscara, que supone cantidades cercanas al 12 % del peso del peso (Velasco et al. 2020), semilla la cual compone un 30 % del peso y mesocarpio o pulpa que representa alrededor del 50 % (Mar, 2019). En la Figura 6, se observan las partes principales de esta fruta.

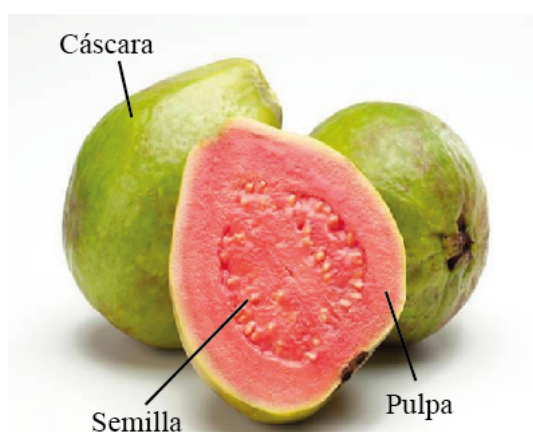


Figura 6. Pulpa y subproductos de la guayaba. Tomado de Minagricultura (2021)

En la Tabla 5, se presenta el contenido nutricional de la pulpa de guayaba, de acuerdo con lo reportado por diversos autores.

Tabla 5. Composición nutricional en porcentaje de la pulpa de guayaba según la literatura.

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
80 %	2.55 %	0.95 %	14.32 %	5.4 %	1.39 %	Chen et al (2007)
80.8 %	2.55 %	0.95 %	14.32 %	5.4 %	-	IIFT (2023)

8.4. Piña (*Ananas Comosus*)

La piña es una fruta originaria de América del Sur. Está compuesta principalmente de agua, carbohidratos, azúcares, beta-carotenos, proteínas, grasas, cenizas, fibra y compuestos antioxidantes (Chaudhary & Singh, 2024). A nivel mundial, la producción de piña, se encuentra alrededor de los 16 - 19 millones de toneladas. Mientras que, en Colombia, para el año 2020, la producción de piña se encontraba alrededor de 800,000 toneladas, siendo Santander, el departamento con mayor producción para este año, con un total de 378,174 toneladas, un área cosechada de 10,763 hectáreas y un rendimiento del 35.13 toneladas por hectárea (ton/ha). No obstante, otros departamentos también son productores potenciales, como Valle del Cauca (138,693 toneladas), Meta (116,775 toneladas), Quindío (48,434 toneladas) y Cauca (45,145 toneladas). Se estima que, los residuos que son producto del procesamiento industrial de la piña, se encuentran en un rango entre el 45 - 65 % del peso total de la fruta, además de que estos residuos aún poseen compuestos de interés como fibra insoluble, vitaminas, minerales, pectinas y compuestos fenólicos como ácido gálico, catequina y ácido ferúlico (Díaz et al., 2013; Li et al., 2014; Agrosavia, 2021).

Los residuos de piña se componen de la corona, corazón y cáscara. Los residuos de la corona de la piña, pueden ser aprovechados para la obtención de fibra o fabricación de alimento animal, mientras que el corazón, puede ser aprovechado para la fabricación de goma xantana o la extracción de bromelina. Finalmente, la cáscara puede emplearse para la obtención de pectinas, ácido láctico, producción de etanol, ácido cítrico y ácido acético (Quintero et al., 2022).

En la Figura 7, se presentan las partes que componen a la piña.

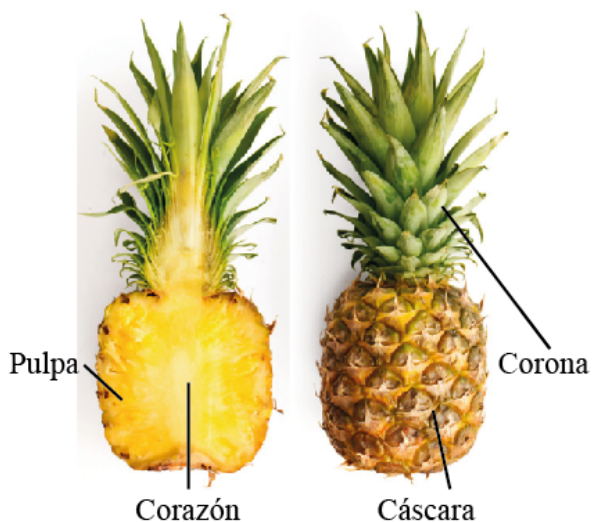


Figura 7. Pulpa y subproductos de la piña. Tomado de Sagarpa (2017)

En la Tabla 6, se presenta el contenido nutricional de la pulpa de piña, de acuerdo con lo reportado por diversos autores.

Tabla 6. Composición nutricional en porcentaje de la pulpa de piña según diferentes autores.

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
66 %	3.7 %	0.47 %	-	12.5 %	3.16 %	Ackom & Tanoh (2012)
87.3 %	7.2 mg	-	-	0.41 %	1.8 %	Hemalatha & Anbuselvi (2013)
-	1.58 %	3.19 %	-	24.24 %	3.0 %	Pardo et al (2014)
86.9 %	5.2 %	1 %	-	5.4 %	2.7 %	Morais et al (2016)
86 %	0.54 %	0.12 %	13.12 %	1.4 %	-	Hernández et al (2021)

8.5. Aguacate (*Persea americana* Mill.)

El aguacate es una fruta que se considera tropical, cultivada en distintos países. Para el año 2023, a nivel mundial, se cultivaron alrededor de 8.7 millones de toneladas por año. De acuerdo con Rincón (2021), para el año 2019, la producción mundial de aguacate, fue de 6,766,484 toneladas de aguacate, de las cuales 535,021 toneladas fueron sembradas en Colombia. Mientras que, para el año 2023, a nivel mundial, se cultivaron alrededor de 8.7 millones de toneladas por año. Adicionalmente, se presenta a México como uno de los principales productores de aguacate, seguido de Colombia (acquavia et al., 2023).

La composición del aguacate incluye una amplia gama de compuestos nutraceuticos con propiedades funcionales, entre los que se destacan fenoles, ácidos grasos insaturados, fitoesteroles y fibra. Estos compuestos confieren al aguacate propiedades funcionales como capacidad antiinflamatoria, capacidad antioxidantes al permitir eliminar radicales libres, capacidad de eliminar lípidos en sangre y capacidad antidiabética al inhibir a las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa (Obloh et al., 2014; Tremocoldi et al., 2018; Salazar et al., 2020; Zaldivar et al., 2023).

En la Figura 8, se presentan las partes que componen al aguacate.

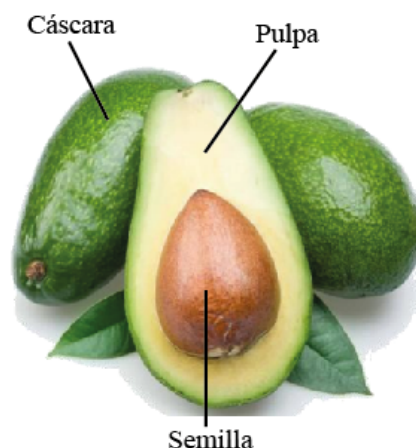


Figura 8. Pulpa y subproductos del aguacate. Tomado de Minagricultura (2018)

En la Tabla 7, se presenta el contenido nutricional de la pulpa de aguacate.

Tabla 7. Composición nutricional en porcentaje de la pulpa de aguacate.

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
78.8 %	1.5 %	12 %	5.9 %	1.8 %	-	Robalino (2024)

8.6. Subproductos de mango (*Mangifera indica* L.), guayaba (*Psidium guajava*), piña (*Ananas comosus*), aguacate (*Persea Americana* Mill) y su contenido nutricional.

8.6.1 Subproductos del mango (*Mangifera indica* L.)

El mango es utilizado para la elaboración de jugos, pulpas, zumos, salsas, entre otros. Del procesamiento de este fruto se generan subproductos, que representan alrededor del 35 al 60 % del peso total de la fruta, siendo la cáscara es el principal subproducto, representando alrededor del 15 - 25 % del total del peso del fruto, el hueso, alrededor del 10 - 25 % y finalmente, la semilla con aproximadamente el 20 % del total del peso de la fruta (Paucar, 2018; Mwaurah et al., 2020; Oliver et al., 2021; Majumder & Annegowda., 2021; Gupta et al., 2022). La semilla contiene una concentración de fibra de 40.6 a 72.5 %, vitamina C alrededor del 28 %, y un total de actividad antioxidante del 64 % (Gupta et al, 2022; Jahurul et al, 2015), como también minerales esenciales como potasio, magnesio, calcio y sodio (Arroyo, 2020), la cáscara puede contener compuestos antiinflamatorios y anticancerígenos, debido al contenido de compuestos activos como polifenoles, carotenoides, antocianinas, fibra dietética, tocoferoles, vitamina E y vitamina C (Paucar, 2018; Sumaya et al., 2019; Jibaja & Sánchez, 2015). La semilla y cáscara de mango pueden contener algunos polisacáridos como pectinas, celulosas, almidón, además de galotaninos, catequinas y flavonoides (Masibo & He, 2008).

La semilla de mango es una fuente natural de aceite comestible el cual posee alta calidad, siendo sus principales ácidos grasos, el palmítico, esteárico y el oléico, tiene propiedades similares a la manteca de cacao, puesto que la fracción lipídica de la semilla de mango posee un índice de yodo de 40 - 51 g / 100 g de producto y un punto de fusión entre 25 y 39 °C y para el caso de la manteca de cacao, esta posee un índice de yodo de 34 - 41 g / 100g de producto y un punto de fusión que oscila entre 30 - 35 °C (Lieb et al., 2019). Por lo anterior, es posible mencionar que la fracción lipídica de la semilla de mango se puede emplear para solucionar el problema de la acumulación visible de cristales de grasa que se presentan en la superficie de los chocolates, este problema se conoce como el “*Fat-bloom*”. Esta solución permite reemplazar hasta el 60 % del contenido graso utilizado con la grasa extraída de la semilla de mango, lo cual también contribuye a reducir los costos de obtención de materia prima (Naeem et al., 2019; Sato et al., 2021).

Entre los estudios realizados, se destaca el potencial de las frutas para desarrollar nuevos materiales poliméricos contribuyendo con las necesidades de los productos que requieran el empaque y proporcionando una matriz con compuestos bioactivos (Lima et al., 2019). Adicionalmente, se han realizado estudios sobre los aportes que pueden tener estos subproductos en la elaboración y posterior incorporación de harina a base de cáscara y semilla del mango a diferentes productos como cereales, pasteles, snacks, entre otros, a los cuales les concede un valor nutricional alto en fibras y proteínas, demostrando así que es posible proporcionar un valor agregado a estos subproductos que pueden representar más de la mitad de los desechos orgánicos de esta industria (Medina et al., 2017).

En las tablas 8 y 9, se presenta la composición nutricional del epicarpio y semilla de mango, respectivamente.

Tabla 8. Composición nutricional en porcentaje del epicarpio de mango según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
84.30 %	0.59 %	0.48 %	-	1.68%	0.50 %	Iuit et al (2019)
74.6 %	6.3 %	1.6 %	52.3 %	-	4.2 %	Martinez (2021)

Tabla 9. Composición nutricional en porcentaje de la semilla de mango según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
44.85 %	6.39 %	10.70 %	33 %	2.38 %	2.46 %	Chaparro et al (2015)
43.5 %	5.2 %	9.93 %	36.63 %	2.44 %	2.30 %	Sanz (2021)
29.24 %	6.15 %	11.12 %	-	2.98 %	2.12 %	Serrato et al (2022)

8.6.2 Subproductos de la guayaba (*Psidium guajava*)

Los residuos de guayaba generalmente consisten en cáscara, semillas y restos de pulpa como productos del tratamiento industrial de la misma, estos desechos pueden representar alrededor del 30 % del volumen de la fruta. La cáscara de guayaba, un subproducto del proceso de obtención de puré o pulpa mediante despulpado mecánico, constituye el 12 % del fruto. Además, durante la clarificación, prensado y filtración, se generan otros residuos en forma de sólidos insolubles, representando alrededor del 13 % del fruto (Rangel, 2018). Estos subproductos contienen compuestos bioactivos de interés, entre ellos compuestos fenólicos, los cuales poseen propiedades antioxidantes y efectos beneficiosos para la salud, vitaminas, minerales y carotenoides. Además, estos compuestos han demostrado tener propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, considerándose valiosos en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria, generando un creciente interés en los últimos años (Almulaiky et al., 2018; Koriem et al., 2019; Lima et al., 2020; Ferreira et al., 2021).

A nivel mundial, en 2021, Pakistán fue el principal productor de guayaba con 458,000 toneladas, seguido de Brasil con 352,000 toneladas. Se estima que aproximadamente el 55 % de la producción global es procesada a nivel industrial (Lima et al., 2019; Minagricultura, 2021).

En Colombia, la producción anual de guayaba alcanza cerca de 82,000 toneladas, de las cuales aproximadamente el 31 % se somete a procesamiento industrial, equivalente a 25,000 toneladas. De esta cantidad, alrededor del 25 % corresponde a subproductos generados durante el procesamiento, lo que equivale a aproximadamente 6,400 toneladas (Santos et al., 2017; Blanco et al., 2019; Aguilera et al., 2020).

Estos subproductos representan una fuente importante de compuestos de valor nutricional. Según Uchôa et al. (2014), destacan por su alto contenido de fibra dietaria, además de aportar compuestos antioxidantes y una fracción lipídica presente en las semillas, compuesta en un 87.06 % por ácidos grasos insaturados. Asimismo, análisis proximales de subproductos de guayaba han determinado que, por cada 100 gramos de producto, se encuentran

aproximadamente 63.94 gramos de fibra dietaria, 0.39 gramos de fibra soluble y 87.44 miligramos de vitamina C.

Por otro lado, Danielski et al. (2023), identificó en los residuos de guayaba un contenido aproximado de 21.99 mg equivalentes de ácido gálico por gramo (GAE/g). En este mismo estudio, se observó que los compuestos fenólicos presentes en la guayaba exhiben una alta capacidad para inhibir la oxidación del colesterol LDL, lo que sugiere un fuerte efecto cardioprotector. Debido a estos beneficios, los residuos de guayaba han sido considerados como una materia prima con potencial para el desarrollo de alimentos funcionales (Patel et al., 2016; Lima et al., 2019).

A continuación, en las tablas 10 y 11, se presenta la composición nutricional de los subproductos del aguacate.

Tabla 10. Composición nutricional del epicarpio o cáscara de guayaba según la literatura

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
3.49 %	0.91 %	0.06 %	-	0.29 %	0.024 %	Neela et al (2019)

Tabla 11. Composición nutricional de la semilla de guayaba según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
7 %	8.7 %	14 %	69.2 %		1.1 %	Cassia (2013)
6.68 %	11.19 %	13.93 %	3.8 %	63.94 %	1.18 %	Uchôa et al (2014)
-	7.9 % - 8.41 %	12 % - 16 %	1.20 %	46 % - 64 %	-	Kumar et al (2022)

Adicionalmente, se reporta el contenido de minerales presente en estas semillas; Fósforo (0.20 mg - 212.14 mg), Sodio (326.81 mg), magnesio (0.13 mg - 119.72 mg), hierro (13.8 mg - 13.94 mg), zinc (3.15 mg - 3.31 mg), cobre (1.90 mg - 1.91 mg) y calcio (0.05 mg - 143.37 mg), además, se presenta también el perfil lipídico; ácido palmítico (8 %), ácido oléico (9.42 %), ácido linoleico (77.35 %) y ácido esteárico (4.48 %) (Uchôa et al., 2014; Kumar et al., 2022; Camelo & Romero, 2023).

8.6.3 Subproductos de la piña (*Ananas comosus*)

Se estima que los residuos producto del procesamiento industrial de la piña, se encuentran en un rango entre el 45 - 65 % del peso del fruto, además de que estos residuos aún poseen compuestos de interés como fibra insoluble, vitaminas, minerales, pectinas y compuestos fenólicos como ácido gálico, catequina y ácido ferúlico (Díaz et al., 2013; Li et al., 2014), por lo cual, son compuestos que pueden ser usados en diferentes industrias, como las farmacéuticas, químicas, alimenticia, y cosméticas, estos pueden ser usados para ayudar a recuperar o producir componentes de gran valor como pueden ser enzimas, etanol, ácidos orgánicos, entre otros, o empleados como ingredientes para su incorporación en alimentos funcionales y de bajo costo (da Silva, 2013; Abraham et al., 2023; Polanía et al., 2023). Los residuos de la piña consisten principalmente en las cáscaras (29 - 42 %), el núcleo o corazón (9.4 - 20%) y la corona de la piña (2.7 - 5.9 %), siendo estos porcentajes la cantidad correspondiente al peso total del fruto (Paz et al., 2023; Roda et al., 2016).

Se han realizado diversos estudios respecto a la cáscara de piña, es posible utilizarla para la producción de harinas funcionales, realizando un prensado de la misma y posteriormente, obtener una harina con alto contenido de fibra soluble dietética y que contribuya a ejercer una acción antioxidante en el organismo, debido a su contenido de polifenoles (Blancas et al., 2015; Campos et al., 2020). Adicionalmente, de acuerdo con Mala et al. (2024) esta cáscara se puede combinar con un método de secado, con el objetivo de deshidratarla, para desarrollar un polvo que pueda ser usado como ingrediente para un alimento funcional. Además, según Ritika et al. (2024), es posible extraer compuestos como la bromelina y enzimas proteolíticas que puedan ser empleadas como materiales de recubrimiento y ayudar a extender la vida útil de algunos alimentos y conservar algunas de sus características organolépticas y nutricionales.

Por otro lado, como un subproducto del procesamiento industrial de la piña, se encuentra la corona, esta puede ser usada para preparar celulosa regenerada, con el fin de emplearla en la producción de papel. Este subproducto está compuesto por aproximadamente 79 - 83 % de celulosa, entre 5 y 15 % de lignina, 19 % de hemicelulosa, 1 % de cenizas y aproximadamente 1 % de pectina (Sridhar et al., 2011; Kumar et al., 2024). Además, la fibra obtenida de la corona se ha empleado también en el desarrollo de diversos productos en la industria cosmética, farmacéutica, textil, industrial, entre otros (Selani et al., 2014; Piltonen et al., 2016; Huang et al., 2020). También es posible aislar las nanofibras de la celulosa y combinarlas con otros tratamientos y métodos para obtener un gel tópico que permita tratar infecciones bacterianas de la piel (Pooja et al., 2024). Se puede emplear como ingrediente en la formulación de películas bio-nanocompuestas que permiten usarse de manera eficiente en el empaque de alimentos, aumentando su vida útil y protegiéndolos contra diferentes reacciones que se pueden llevar a cabo por la interacción con el exterior (Fitriani et al., 2024). Se pueden extraer enzimas proteolíticas para su posterior uso en la industria textil, industria de alimentos, médica y farmacéutica, un ejemplo de este uso es que se pueden utilizar estas enzimas para la tenderización de la carne (Arshad et al., 2017; Arsad et al., 2023).

El núcleo de la piña o corazón; como se conoce comúnmente, posee propiedades fisicoquímicas importantes y puede ser empleado como sustrato para el crecimiento de celulosa bacteriana, la cual puede tener aplicaciones en la industria dental y en la industria de los alimentos, mediante su incorporación en aplicaciones antimicrobianas y envasado de frutas (Inoue et al., 2020; Parvulescu et al., 2021; Ploska et al., 2023; El-Ghendi et al., 2023; Mardawati et al., 2023). Adicionalmente, es posible emplear el corazón de la piña como una fuente directa de carbohidratos que posibilitan el crecimiento microbiano, actuando como prebiótico. Sah et al. (2016), menciona que el corazón, junto con otros subproductos derivados de la piña, pueden ayudar al crecimiento del *Lactocaseibacillus rhamnosus*, el cual proporciona beneficios en la microbiota intestinal y la reducción de la carga glucémica (Terpou et al, 2019). En el núcleo de la piña es posible encontrar también la bromelina, esta enzima puede tener usos en el ablandamiento de la carne, como agente limpiador en cosméticos, como antiinflamatorio en la industria farmacéutica y la medicina, entre otros (Chausariya et al., 2013; Hadidi et al., 2020; Malini et al., 2024).

En las tablas 12 y 13, se presenta la información nutricional, correspondiente a los subproductos de la piña; cáscara y corazón, respectivamente.

Tabla 12. Composición nutricional en porcentaje de la cáscara de piña según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
-	5.11	53.1 %	55.52 %	-	4.29 %	Dibanda et al (2016)
86.81 %	5.04 %	2.87 %	43.94 %	42.02 %	6.20 %	Kodagoda & Marapana (2017)
-	0.63 %	0.21 %	27.08 %	-	-	Micanquer et al (2020)
5.10 %	5.78 %	5.57 %	75.67 %	4.10 %	3.78 %	Owoeye et al (2022)
6.22 %	5.14 %	1.14 %	85.07 %	2.42 %	2.42 %	Sukirah et al (2023)

Tabla 13. Composición nutricional del corazón de la piña según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
-	0.85 %	3.17 %	-	47.6 %	1.3 %	Pardo et al (2014)
89.40 %	2.67 %	2.35 %	83.03 %	9.14 %	1.8 %	Kodagoda & Marapana (2017)
-	0.40 %	-	7.21 %	-	-	Micanquer et al (2020)

Dewage et al. (2023), reportan valores de contenido fenólico total (TPC) y contenido de flavonoides totales (TFC), para la pulpa (105.28 mg GAE para el contenido fenólico y 5.64 mg QE para el contenido de flavonoides) y para la cáscara (211.03 mg GAE para el contenido fenólico y 8.26 mg QE para el contenido de flavonoides).

8.6.4 Subproductos del aguacate (*Persea americana* Mill.)

Del procesamiento agroindustrial del aguacate, los residuos que se generan corresponden al 25 - 30 % del peso total del fruto y generalmente estos residuos son la cáscara y la semilla (Acquavia et al., 2023). Para el año 2021, a nivel mundial, se produjeron alrededor de 25 mil toneladas de cáscara de aguacate y para el año 2019, en latinoamérica, se produjeron 2.42 millones de toneladas de cáscara y semilla de aguacate como residuos (Della et al., 2023; Pires et al., 2024). Adicionalmente, de acuerdo con Nyakang'i et al (2023), La cáscara y semilla del aguacate, son considerados fuentes naturales de antioxidantes y compuestos fenólicos (527 mg GAE/g), con actividades biológicas, además de contener ácidos grasos insaturados, vitaminas B, C y E, pigmentos y fibra dietaria. En la semilla de aguacate, se encuentra un contenido de amilosa del 29.7 ± 2.4 %. En cuanto al contenido nutricional, se han reportado valores de carbohidratos de 43 - 81 % para la cáscara y 42 - 81 % para la semilla, lípidos (2 - 9 % para la cáscara y 3 - 15% para la semilla), proteínas (0.18 - 8 % para la cáscara y 0.14 - 9 % para la semilla), fibra (1.3 - 55 % para la cáscara y 2 - 2.42 % para la semilla) y un contenido de minerales (1.5 - 6 % para la cáscara y 1.3 - 4.3 % para la semilla) (Hefzalahman et al., 2022; Nyakang'i et al., 2023; Pires et al., 2024; Razola et al. 2023; Salazar et al., 2020).

Los subproductos o desechos obtenidos del procesamiento agroindustrial del aguacate, poseen una gran capacidad de aprovechamiento, debido a los compuestos fenólicos y bioactivos que posee, es posible brindarles un uso como compuestos nutraceuticos, para el área de la salud, producir pigmentos o el desarrollo de materiales. Algunos ejemplos de esto, podría ser el aprovechamiento de estos subproductos para la generación de energía y biocombustibles, de acuerdo al alto contenido de lípidos y polisacáridos que estos poseen. (Saavedra et al., 2017; Mora et al., 2021; García et al., 2023).

A continuación, en las tablas 14 y 15, se presentan las propiedades nutricionales de la cáscara y la semilla de aguacate.

Tabla 14. Composición nutricional en porcentaje de la cáscara de aguacate según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
69.13 %	1.91 %	2.20 %	-	-	1.50 %	Tafere (2021)
52.59 %	4.06 %	18.99 %	9.08 %	12.98 %	2.30 %	Oyebola et al (2022)
1.96 %	6.46 %	3.04 %	76.21 %	9.19 %	5.10 %	Okibe et al (2023)

Tabla 15. Composición nutricional en porcentaje de la semilla de aguacate según diferentes autores

Composición nutricional						Autor(es)
Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra	Cenizas	
13.09 %	2.64 %	0.33 %	80.12 %	2.87 %	3.82 %	Egbonu & Cemaluk (2018)
54.45 %	2.19 %	14.7 %	-	-	1.29 %	Tafere (2021)
8.83 %	1.4 %	26.72 %	53.09 %	6.56 %	3.4 %	Ogbuagu et al (2021)
11.29 %	3.86 %	9.15 %	77.41 %	1.81 %	5.77 %	Okibe et al (2023)
-	5.22 %	3.23 %	11.24 %	-	2.69 %	Guanzón et al (2024)

De acuerdo con Akan (2021), la cáscara del aguacate es una buena fuente de compuestos fitoquímicos, esta contiene aproximadamente de 0.6 mg - 6.8 mg equivalentes de ácido gálico, en algunos estudios, se ha reportado que en la cáscara del aguacate, se encuentran más de 30 compuestos fenólicos individuales.

8.7. Alimentos funcionales

Se definen como alimentos funcionales, todos aquellos productos alimenticios que posean un efecto beneficioso sobre la salud del consumidor, estos productos poseen componentes bioactivos, además de cubrir requerimientos nutricionales (Fuentes et al., 2015). Por otro lado, el término de “alimentos funcionales” aún no se encuentra categorizado y bien definido en algunos países. Este término se empezó a definir en japon a finales de la década de los 90's, inicialmente bajo el término “foods for specified health uses” y que, en la actualidad, debido al desarrollo tecnológico y científico en el área de los alimentos, es posible incorporar más elementos beneficiosos que permitan reforzar el aporte nutricional y de salud en los alimentos (Ramos et al., 2007; Niva & Mäkelä, 2007; Sharma et al., 2024). Para que sean considerados alimentos funcionales, deben cumplir requisitos, entre los cuales se encuentran; no producir efectos nocivos tras su consumo, disminuir el riesgo de contraer algunas enfermedades, incluir en el alimento componentes bioactivos que contribuyan a la salud y cuyos efectos beneficiosos deben ser demostrados. Generalmente los alimentos funcionales se encuentran enriquecidos con vitaminas, minerales, fibra, ácidos grasos esenciales, prebióticos, probióticos, entre otros (Kareb et al., 2019; Jácome et al., 2023).

8.7.1. Beneficios de los alimentos funcionales

La inclusión de probióticos y prebióticos en los alimentos, proporciona algunos beneficios como la reducción de la intolerancia a la lactosa, estimulación del sistema inmunológico, reducción de riesgo de padecer estreñimiento, diarrea, osteoporosis, aterosclerosis y diabetes mellitus tipo 2. Adicionalmente, incluir simbióticos permite favorecer el desarrollo de los probióticos, potenciando las propiedades saludables que estos aportan (Jácome et al., 2023).

Los alimentos con alto contenido de fibra permiten un buen funcionamiento del intestino y colon. Dentro de esta categoría, se pueden encontrar los beta-glucanos, está comprobado científicamente que la ingesta aproximada de 3 gramos de este tipo de fibra permite reducir los niveles de colesterol y de glucosa en sangre (Blanco et al., 2019; Pastora, 2019; Liu et al., 2019). Además, un consumo adecuado de fibra ayuda a prevenir la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles como diabetes, enfermedades cardiovasculares y desórdenes gastrointestinales (Villanueva, 2020)

La implementación de alimentos con algunos componentes como el ácido ascórbico, α -tocoferol, carotenoides y polifenoles, permite retrasar o inhibir algunas lesiones que pueden ser causadas por radicales libres, debido a su acción antioxidante (Vizotto et al., 2017). La inclusión de carbohidratos no digeribles, como la inulina, como ingrediente funcional en algunos alimentos, permite no solo incrementar el contenido de fibra de un alimento, sino que también incrementa las bacterias colónicas benéficas y disminuyen la glicemia y triacilgliceroles séricos (Camacho et al., 2018).

Las proantocianidinas, asociadas comúnmente al consumo de arándanos, son compuestos fenólicos que pertenecen al grupo de los flavonoides. Estos compuestos pueden inhibir la

actividad alfa-amilasa pancreática y alfa-glucosidasa, reduciendo los niveles de colesterol, aumentando el volumen de excreción del bolo fecal del organismo. También reduce la respuesta hiperglicémica y favorece un mejor funcionamiento de las células beta-pancreáticas, aumentando la efectividad del organismo frente a infecciones intestinales, diarrea, úlcera y desórdenes gastrointestinales. Adicionalmente, previene enfermedades crónicas, favorece la integridad de la barrera intestinal y aumenta la sensación de saciedad, favoreciendo la secreción de insulina y disminuyendo la resistencia de esta misma (Saldaña et al., 2020).

Los fitoquímicos pueden ser extraídos como compuestos a partir de alimentos o residuos provenientes de la agroindustria, estos pueden ser empleados como ingrediente para la formulación de alimentos funcionales, con lo cual se realiza un aporte de sustancias que poseen efectos antiinflamatorios, anticancerígenos, antimicrobianos, antioxidantes y antihipoglucemiantes, antihipertensivos, neuroprotectores (Aguilar et al., 2019; Mercado et al., 2018; Noce et al., 2021; Ramírez et al., 2022; Romero et al., 2020).

Los fitoestrógenos son compuestos naturales que se presentan en alimentos de origen vegetal, los principales compuestos de estos, que al ser consumidos, tienen un impacto sobre el bienestar humano, son los lignanos, cumestanos e isoflavonas. Hay estudios que indican que estos podrían estar relacionados a una menor frecuencia de aparición de enfermedades como cáncer de próstata, colorrectal, cáncer de endometrio y de mama (Enriquez et al., 2022; Guerrón et al., 2021).

8.7.2. Demanda mundial de alimentos funcionales

En los últimos años, a nivel mundial, el número de personas que padecen desnutrición ha incrementado de aproximadamente 784 millones a 821 millones. Paralelamente, se ha identificado que los países en desarrollo presentan una alta prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles. Estas problemáticas, sumadas al rápido avance de la ciencia y tecnología de los alimentos, así como al creciente interés de la población por el bienestar y la alimentación saludable, han impulsado un aumento significativo en la demanda de nutraceuticos y alimentos funcionales. En este contexto, para el año 2018, el segmento de salud cardiovascular representó alrededor del 24 % de la cuota de mercado (Hakalehto, 2020). Esto evidencia que el mercado de productos alimenticios saludables se está globalizando, adquiriendo especial relevancia en regiones como Europa, Rusia y Estados Unidos, tal como se ilustra en la Figura 9.



Figura 9. Mercado de alimentos funcionales (Escudero, 2023).

Para el año 2019, el segmento de mercado de los alimentos funcionales, registraba ganancias de alrededor de 143,200 y 639,400 Billones de dólares para el año 2020, presentando una tasa de crecimiento del 6 % anual en el mercado. Los 3 principales países que acaparan gran parte de este mercado son: Estados Unidos, que posee el 34 %, seguido de China, con un 15 % y finalmente Japón con un 8 % (Heo, 2021).

8.7.3. Demanda nacional de alimentos funcionales:

De acuerdo con Castrillón (2018), entre los años 2012 a 2016, el segmento de mercado de alimentos en Colombia, representaba aproximadamente 34 billones de pesos, de los cuales 6.5 billones de pesos correspondían a alimentos saludables, esto representó aproximadamente el 19 % del mercado total, teniendo un crecimiento promedio anual del 12 % entre estos años. Según el Dane (2024), la población Colombiana para el año 2023, equivalía a 52 millones de Colombianos y, de acuerdo con Valderrama & Correal (2021), para el año 2040, se pronostica que Colombia presentará un aumento del 8.3 % de población, lo cual significa que serán 55,1 millones de habitantes. Adicionalmente, teniendo en cuenta que en Colombia, el 76 % de las muertes son provocadas por enfermedades no transmisibles, es necesario desarrollar y producir alimentos funcionales que puedan proporcionar bondades a la salud de los consumidores y disminuir la tasa de enfermedades no transmisibles entre la población Colombiana.

8.8. Incorporación de residuos de mango en alimentos funcionales

8.8.1. Cáscara

Plaitho et al. (2024), en su estudio acerca de la evaluación de las actividades antioxidantes y antiinflamatorias del extracto y la fracción bioaccesible de la cáscara de mango en muffins, emplearon cáscaras de mango cortadas en trozos y secadas en un horno de aire caliente, a una temperatura de 50 °C por 8 horas, hasta reducir su contenido de humedad a un 8 % aproximadamente. Posteriormente, esta cáscara seca fue molida y tamizada. Los muffins se

prepararon tanto con la adición de harina de cáscara de mango, como sin ella, con el fin de realizar una comparación entre el contenido nutricional de ambas preparaciones. En cuanto a la preparación con la adición de la harina producida a partir de la cáscara, se elaboraron tres formulaciones, reemplazando el 5, 10 y 15% del total de la harina de torta de la receta original por la harina de cáscara en las proporciones correspondientes. Los autores determinaron que la formulación con la incorporación de un 5 % de harina de cáscara de mango, es la que presenta mejores resultados nutricionales, fisicoquímicos (55.9 % de carbohidratos , 0.81 % de fibra cruda , 5.49 % de proteína, 10.7 % de grasa, 25.3 % de humedad y 1.8 % cenizas). y sensoriales, donde el porcentaje de fibra es tres veces mayor, además de mejor potencial antioxidante y antiinflamatoria en su fracción bioaccesible en comparación con los muffin sin adición de cáscara.

Adicionalmente, Moreno et al. (2024) evaluaron el contenido de fibra dietética, compuestos fenólicos y aceptabilidad sensorial en pan de molde elaborado con harina de cáscara de mango. Para llevar a cabo este procedimiento, los autores secaron las cáscaras de mango, empleando para esto un secado de bandejas, a una temperatura de 55 °C durante 4 horas, posteriormente, estas cáscaras deshidratadas fueron molidas y tamizadas con el fin de obtener una harina, la cual fue empacada en bolsas de polietileno de alta densidad y almacenadas a temperatura ambiente. Esta harina obtenida fue incluida en la formulación en valores entre 6,5 % y 15 %. De acuerdo con los autores, al incluir en la formulación un 10 % de la harina de cáscara de mango, se obtienen los mejores resultados sensoriales y un excelente contenido de fibra dietaria y de contenido fenólico total. El contenido fenólico total y la fibra dietaria para la formulación control (sin adición de harina de cáscara de mango) fueron 39.2 mg de ácido gálico (GAE) / 100 g y 3.26 g, respectivamente. Mientras que, para la formulación con el 10 % de esta harina obtenida fue de 81.1 mg de ácido gálico (GAE) / 100 g y 12.34 g de fibra dietaria.

Por otro lado, Kabir et al. (2024) elaboraron fideos funcionales, mediante la encapsulación de cáscara de mango en polvo como fuente de compuestos bioactivos y evaluaron la composición nutricional de diferentes formulaciones con esta harina. Para elaborar la harina de cáscara de mango, se obtuvieron los mangos de un mercado local, se lavaron con agua de potable y agua destilada y posteriormente, se pelaron manualmente, las cáscaras fueron cortadas en trozos y extendidas en una bandeja, para ser llevadas a una cámara de aire caliente, para realizar el secado de estas. La temperatura empleada fue de aproximadamente 60 °C. Luego, las cáscaras fueron llevadas a una trituradora y tamizadora, para obtener la harina de cáscara de mango. Los autores prepararon 4 formulaciones para evaluar la composición proximal y los compuestos bioactivos, la primera de estas fue la de control sin adición de la harina preparada, las otras 3 poseían 2.5 %, 5 % y 7.5% de harina de cáscara de mango. Mediante los resultados obtenidos, los autores afirman que arriba del 5 % de inclusión de harina de mango en la formulación, se presenta un excelente contenido nutricional, sin comprometer la calidad fisicoquímica y sensorial del producto.. Los resultados obtenidos para la muestra control fueron: proteína (10.50 g), grasa (1.88 g), fibra (2.10 g), carbohidratos (74.18 g), humedad (10.44 %) y cenizas (0.9 g). Mientras que, para la muestra con 7.5 % de harina de cáscara de mango fueron: proteína (13.66 g), grasa (1.97 g),

fibra (3.32 g), carbohidratos (66.92 g), humedad (10.63 %) y cenizas (3.5 g). Mientras que, en cuanto al contenido fenólico total y carotenoides, para la muestra control fue de 1.33 mg (GAE) / g, y 2.27 μ M, respectivamente y de 9.63 mg GAE / g, y 318.29 μ M para la muestra con 7.5 % de harina de cáscara de mango.

Martínez (2021) elaboró un snack tipo galleta con alto contenido de fibra dietaria, empleando subproductos del procesamiento de mango (epicarpio) y del procesamiento de café (*C. arábica*). Para ello, inicialmente se realizó la caracterización de los subproductos obtenidos. Luego, se sometieron por separado los subproductos de café (Cascarilla) y mango (epicarpio), a técnicas de extracción con líquidos presurizados y fluidos supercríticos. Posteriormente, con las fibras obtenidas, se realizan 14 formulaciones con dos niveles de sustitución de harina de trigo (15 % y 30 %). De los resultados obtenidos, las formulaciones 1 (sin adición), 12 y 14 (30 %) son las que presentan mejor porcentaje de aceptabilidad por parte de los panelistas evaluados. En cuanto a los resultados del análisis nutricional, se realizó una comparación entre la muestra control y la formulación 12, se evidenció que esta formulación poseía 90.48 % más de fibra dietaria respecto a la muestra control. Los valores nutricionales de esta formulación 12 fueron; calorías (99 kcal), carbohidratos (13.1 g), grasa total (4.9 g), grasa saturada (1.1 g), grasa monoinsaturada (1.9 g), grasa poliinsaturada (1.7 g), proteína (1.0 g) y fibra dietaria (4.2 g).

8.8.2. Semilla

En un estudio realizado por Noor (2018), se realizó una comparación sobre las propiedades de las harinas de semilla de mango, harina de trigo integral y sus mezclas, para la elaboración de galletas. En este estudio, se analizó una muestra control con harina de trigo y 3 formulaciones con diferentes niveles de harina de semilla de mango, como reemplazo de la harina de trigo; formulación 1 (10 %), formulación 2 (20 %) y formulación 3 (30 %). La composición proximal por cada 100 gramos de galleta, de la muestra control (únicamente con harina de trigo) fue; proteína (7.5 %), grasa (6.88 %), cenizas (0.87 %), fibra (0.98 %), humedad (4.88 %), carbohidratos (79.88 %) y energía (422.11 Kcal). Por otro lado, la formulación con un 20 % de harina de semilla de mango presenta la mayor cantidad de proteína de las 3 formulaciones establecidas (6.35 %), mientras que la mayor cantidad de fibra (2.37 %) se presentó con la formulación con un 30 % de harina de semilla de mango.

Das et al. (2019), realizaron una comparación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de semilla de mango y la harina de trigo, para llevar a cabo esta comparación, los autores desarrollaron pasteles con diferentes formulaciones de harina de semilla de mango y harina de trigo. La formulación 1 era la muestra control con un 100 % de harina de trigo. Mientras que las formulaciones 2, 3, 4 y 5, presentaban aproximadamente 10, 20, 30 y 40 % de harina de semilla de mango como reemplazo de la misma cantidad de harina de trigo. La composición nutricional de la harina control fue; humedad (15.48 %), cenizas (1.92 %), proteínas (7.27 %), grasa (22.42 %), fibra cruda (0.52 %), carbohidratos totales (52.81 %) y energía (442.50 Kcal / 100 g). Mientras que, la formulación 5, la cual fue la que tuvo mayor

inclusión de harina de semilla de mango, presenta los siguientes valores nutricionales: humedad (13.73 %), cenizas (2.20 %), proteínas (6.92 %), grasa (24.45 %), fibra cruda (0.67 %), carbohidratos totales (52.70 %) y Energía (458.53 Kcal / 100 g). De acuerdo con lo anterior, se observa una relación inversamente proporcional entre el aumento de la cantidad de harina de semilla de mango y la disminución en los valores de humedad y proteína, esto se debe a que la harina de trigo posee un mayor contenido de estos parámetros. Por otro lado, el incremento en los valores de cenizas a medida que se aumenta la cantidad de harina de semilla de mango indica que esta harina puede ser una buena fuente de minerales dietéticos. Adicionalmente, el contenido de fibra también es mayor en la medida en que se incrementa la proporción de harina de semilla en la formulación, lo que sugiere que dicha harina contribuye a mejorar el funcionamiento del sistema digestivo. Finalmente, los valores de grasa más altos en la formulación 5 indican que la harina desarrollada a partir de este subproducto puede ayudar a mejorar la capacidad de digestión de un alimento en el que se incorpore.

8.9. Incorporación de residuos de guayaba en alimentos funcionales

8.9.1. Cáscara

Bertagnolli et al. (2014) evaluaron los compuestos bioactivos y la aceptabilidad de galletas elaboradas con harina de cáscara de guayaba. Para llevar a cabo este procedimiento, se realizaron 3 formulaciones con diferentes niveles de harina de trigo y harina de cáscara de guayaba: formulación 1 (70 - 30%), formulación 2 (50 - 50 %) y formulación 3 (30 - 70 %), respectivamente. Los autores determinaron que, hasta con un 50 % de harina de cáscara de guayaba, se pueden incrementar considerablemente los valores de fibra, proteína y cenizas en las galletas, en comparación con la formulación 1, con mayor contenido de harina de trigo, cuyos valores fueron desde 2.0 g / 100 g hasta 4.5 g / 100 g de galleta, para la fibra, 4.3 g / 100 g hasta 5.0 g / 100 g de galleta para la proteína y 3.3 g / 100 g hasta 4.9 g / 100 g de galleta, para las cenizas. No obstante, en cuanto al análisis sensorial, se obtuvo que las galletas formuladas con 50 % y 70 % de harina de semilla de guayaba, fueron sensorialmente aceptadas únicamente en lo que respecta al aroma. Mientras que, la formulación con un 30 % de harina de cáscara de guayaba fueron aceptadas satisfactoriamente en lo que respecta a la textura, sabor y aroma. Por lo tanto, se afirma que, la harina de cáscara de guayaba puede ser un ingrediente funcional que brinde un valor añadido a un alimento pero debería emplearse de forma parcial con el fin de no afectar las características organolépticas del alimento.

En un estudio realizado por Silva et al. (2021), se emplearon guayabas maduras, a estas se les retiró la piel y esta misma, se llevó a un proceso de secado en un horno convectivo, hasta alcanzar una humedad aproximada del 10 %. Posteriormente, las cáscaras secas fueron molidas y tamizadas, para obtener la harina de cáscara de guayaba. Luego, se realizaron 4 formulaciones; 1 de control y las otras 3, adicionando 1, 3 y 5 % de la harina preparada. Los resultados obtenidos por los autores, permiten evidenciar que el contenido de fibra dietaria incrementa directamente proporcional con el aumento de la cantidad de harina de cáscara de guayaba empleada. Estos resultados de fibra dietaria, se encontraron por cada 100 gramos de producto; muestra control (1.02 g), formulación 1 (2.02 g), formulación 2 (4.0 g) y

formulación 3 (4.92 g). Permitiendo evidenciar el gran aporte en fibra dietaria que proporciona la harina de guayaba.

8.9.2. Semillas

Pérez et al. (2015), realizaron una fortificación del pan blanco, mediante la adición de aislado de proteína de semillas de guayaba. En este estudio, se realizaron 6 formulaciones de la siguiente forma; formulación de control (100 %) harina de trigo, formulación 2 (99.7 % de harina de trigo y 0.3 % de aislado proteico), formulación 3 (99.6 % de harina de trigo y 0.4 % de aislado proteico), formulación 4 (99.5 % de harina de trigo y 0.5 % de aislado proteico) y formulación 5 (99.4 % de harina de trigo y 0.6 % de aislado proteico) y formulación 1 (99.3 % de harina de trigo y 0.7 % de aislado proteico). Los resultados obtenidos permiten evidenciar que, la formulación más alta implementada en este estudio, permite elevar levemente los niveles de proteína y fibra cruda, presentando un aumento desde 12.07 % hasta 12.27 % para la proteína y desde 1.10 % hasta 1.14 %, sin alterar las propiedades físicas. Por lo anterior, se afirma que fueron muy similares a las propiedades de la muestra control.

Khalifa & Barakat (2016), emplearon semillas y pomada de guayaba para sustituir harina de trigo por harina de subproductos de guayaba, en niveles de 5 a 20 %. Para esto, los investigadores realizaron un secado de los subproductos en un horno de bandejas, empleando temperatura entre 40 a 50 °C por 12 horas, para posteriormente, realizar la molienda y convertirlos en harina. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que en la sustitución de 15 % de harina de subproductos de guayaba fue la más alta en contenido de proteína (9.05 %). Mientras que, la formulación con sustitución del 20 % fue la más alta en contenido de grasa cruda (13.48 %). Respecto al contenido de total de fenoles y antioxidantes en esta misma sustitución del 20 %, fueron de 2.34 mg GAE /g y de 5.18 µmol TE /g

Adicionalmente, Aly et al. (2019), realizaron una evaluación química, reológica, sensorial y microbiana a galletas de harina de trigo suplementadas con harina de semillas de guayaba. Para este experimento, se prepararon galletas con tres niveles diferentes de adición de la harina de semillas de guayaba; 5 %, 10 % y 15 %. Inicialmente, para preparar la harina de semillas de guayaba, se separó este subproducto de la pulpa, se lavaron y se secaron en un horno a una temperatura de 45 °C, posteriormente, las semillas secas fueron molidas y tamizadas para obtener la harina. Finalmente, esta harina fue almacenada en bolsas de polietileno y refrigerada a 4 °C para luego ser usada en la formulación. Esta fortificación permitió aumentar la cantidad de proteína de las galletas, desde un valor de 10.3 % hasta 14.8 %. Adicionalmente, se presentó un aumento en los niveles de algunos aminoácidos esenciales como la metionina (desde 2.2 mg / g hasta 4.5 mg / g), leucina (desde 16.4 mg / g hasta 18.8 mg / g), fenilalanina (desde 6.3 mg / g hasta 8.9 mg / g) e histidina (desde 1.9 mg / g hasta 4.8 mg / g).

En estudios más recientes, Ramírez et al. (2022), emplearon semilla de guayaba y evaluaron el potencial nutricional de este subproducto, en productos panificables. El objetivo del estudio consistió en la adición de harina de semillas de guayaba, como sustitución parcial de

la harina de trigo, evaluando las características sensoriales del producto panificable. Para la obtención de la harina de semillas de guayaba, se realizó un secado de estas a una temperatura de 65 °C por 18 horas en un horno de secado por bandejas. Al final del secado, las semillas alcanzaron un contenido de humedad de 12 %. Luego, se realizó la molienda de las semillas secas en un molino pulverizador de discos. Posteriormente, se realizaron dos formulaciones; una control y otra reemplazando un 25 % de la harina de trigo por la harina elaborada. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que la formulación que incluye la harina de semillas de guayaba presenta mejor aceptación en textura y sabor, respecto a la muestra control. Adicionalmente, los autores concluyen que las semillas de guayaba son un subproducto de gran potencial nutricional ya que estas pueden aportar hasta el triple de valores de fibra.

8.10. Incorporación de residuos de piña en alimentos funcionales

8.10.1. Cáscara

En el estudio realizado por Carabalí & Galindo (2015); se empleó harina de trigo y residuos de cáscara de piña como vehiculizantes de especias para elaborar un sazónador. Se realizaron 9 formulaciones. 2 de las 9 formulaciones que contenían los valores más altos de cáscara de piña (una con 50 % de harina de maíz, 17 % de cáscara de piña y 33 % de especias y la otra formulación con 46 % de harina de maíz, 17 % de cáscara de piña y 37 % de especias), presentaron los valores más altos de fibra, estos fueron de 5.92 ± 0.17 g /100 g de producto.

Manisha et al. (2022) realizaron la valorización del orujo de piña para evaluar las propiedades fisicoquímicas y texturales de galletas elaboradas a partir de este subproducto. El orujo fue obtenido de plantas productoras de zumo locales en India. Inicialmente, los investigadores realizaron el secado del orujo a una temperatura de 60 °C por 8 horas empleando un secador solar híbrido. Posteriormente, esta materia prima deshidratada fue triturada empleando un molinillo mezclador doméstico. Luego, este polvo fue tamizado y empaquetado, para ser utilizado posteriormente. Se realizaron 3 formulaciones de 5 %, 10 % y 15 % con el polvo con un tamaño de partícula de 400 - 251 μ m y dos formulaciones de 5 % y 10 % con el polvo de 250 - 150 μ m. Los resultados del análisis proximal para la muestra control y para la muestra con tamaño de 400 - 251 μ m con la adición de 15 % fueron; humedad (3.13 % y 3.49 %), grasa (19.77 % y 15.33 %), proteína (12.96 % y 11.19 %), cenizas (1.70 % y 1.76 %), fibra cruda (1.79 % y 2.22 %), carbohidratos (60.86 % y 66.20 %) y actividad antioxidante (17.43 % y 18.33 %). Finalmente, los investigadores concluyen que la adición de orujo de piña como ingrediente nutracéutico presenta buenas características físicas y buena actividad antioxidante.

En estudios más recientes, Soriano (2024) realizó una investigación en la que incorporó harina de cáscara de piña en tres productos: pasta, galletas y chorizo. En cada uno de estos productos, se añadió harina de cáscara de piña en porcentajes del 10 %, 15 % y 20 %, respectivamente. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por cada 100 gramos

para la evaluación de la pasta con adición del 10 % de harina de cáscara de piña, en comparación con una muestra control: cenizas (desde 1.01 g hasta 1.22 g, respectivamente), proteína (13.62 - 10.93 g, respectivamente) y fibra (2.5 - 3.78 g, respectivamente). Para la galleta con adición del 15 % de harina de cáscara de piña, los resultados fueron: cenizas (0.66 - 0.99 g, respectivamente), proteína (11.09 - 8.59 g, respectivamente) y fibra (1.53 - 2.61 g, respectivamente). Finalmente, para el chorizo con adición del 20 % de harina de cáscara de piña, se obtuvieron los siguientes valores: cenizas (desde 1.69 g hasta 1.62 g, respectivamente), proteína (16.01 - 11.99 g, respectivamente) y fibra (4 g - 6.26 g, respectivamente). Por lo anterior, es posible afirmar que la inclusión de harina de cáscara de piña aporta una cantidad significativa de fibra y minerales, lo cual se refleja en los valores de cenizas.

Adicionalmente, Mala et al. (2024), realizaron la caracterización de la harina de cáscara de piña y su aplicación como ingrediente nutracéutico en galletas saladas. La piña empleada fue obtenida de mercados locales en Tailandia, estas fueron lavadas, peladas y la cáscara fue cortada en pedazos de 1 cm x 1 cm. Luego, fueron secadas en un horno de bandejas a una temperatura de 60 °C por 48 horas para después ser tamizadas para obtener un tamaño de partícula de 1 mm. Posteriormente, se realizó una muestra control y 4 formulaciones con niveles de reemplazo de incorporación de 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de harina de cáscara de piña. Los resultados del análisis proximal para la muestra control y muestra con adición del 20% de esta harina fueron; humedad (6.56 % y 5.06 %), grasa (19.61 % y 18.25 %), cenizas (1.21 % y 2.41 %), proteína (13.90 % y 7.26 %), fibra cruda (0.34 % y 2.33 %), carbohidratos (58.38 % y 64.69 %). Mientras que, en cuanto al contenido fenólico total y contenido total de flavonoides para la muestra control y muestra con adición del 20 % fueron; TPC (34.58 mg GAE / 100 g y 334.41 mg GAE / 100 g) y TFC (9.31 mg QE / 100 g y 39.70 mg EQ / 100 g). A través de los resultados obtenidos, los investigadores destacaron el gran potencial de la piel de piña para la elaboración de productos alimenticios, ofreciendo una alternativa saludable para la gestión de residuos agroindustriales.

8.10.2. Corona

En la literatura, no se dispone de información acerca de investigaciones o trabajos relacionados a la incorporación de corona de piña en alimentos funcionales. Sin embargo, este subproducto es empleado en otro tipo de industrias. Un ejemplo de estos, fue expuesto en el trabajo realizado por Gálvez (2021), en el cual se fabricaron sorbetes a base de bioplástico derivado de corona de piña (*Ananas comosus* L.), empleando además materia prima como almidón de maíz, glicerina, vinagre, agua destilada. Con la creación de este sorbete, se pretende mitigar impactos medioambientales negativos, reutilizando un material de desecho de la agroindustria.

Adicionalmente, Roza et al (2016), elaboraron papel ecológico a partir de corona de piña y empleando adicionalmente, agua y la sábila de la caña de azúcar. Para realizar esto, se corta la corona de la piña en trozos y se sumerge en una solución de agua y sábila de caña de azúcar, por un período de 24 horas, con el fin de realizar la separación de la lignina de la

celulosa, la cual se encuentra presenta en la corona de la piña. Posteriormente, esta lignina es retirada junto con la sábila, mediante un lavado, realizado a través de una malla, obteniendo de esta forma la celulosa. Luego, se realiza un blanqueamiento con hipoclorito de sodio, posteriormente, se realiza un proceso de molienda y prensado de las fibras. Finalmente, se realiza un secado del material a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de 24 horas.

8.10.3. Corazón

En la literatura se han reportado estudios acerca de la incorporación de subproductos agroindustriales en la cadena productiva de alimentos o bebidas. Kodagoda & Marapana (2017). Realizaron un estudio, en el cual se emplean subproductos de piña, para la producción de vinos no alcohólicos, permitiendo con esto, crear un método de bioconversión, que permita facilitar el aprovechamiento y la eliminación de estos desechos de la industria. El corazón de piña posee aproximadamente 168.78 mg ácido gálico (GAE) / g. Al desarrollar el vino no alcohólico, se determina que el contenido de polifenoles producidos a partir de corazón de piña es aproximadamente de 85.20 mg (GAE) / L. Con lo anterior, los autores confirman que es posible emplear los residuos de piña, incluido el corazón, para la producción de vinos no alcohólicos, permitiendo ser un método que no contribuya a la contaminación medioambiental por la incorrecta disposición de estos residuos.

El corazón de la piña puede ser empleado en procesos industriales diferentes al desarrollo de alimentos funcionales. La Universidad de Alicante logró desarrollar un material de envase activo antioxidante, a partir de corazones de piña. Este envase permite aumentar en aproximadamente un 15% la vida útil de productos cárnicos envasados, reduciendo de esta forma las pérdidas por deterioro y comercialización de este tipo de productos. Con el desarrollo de este producto, el equipo de trabajo de la Universidad pretende contribuir a la sostenibilidad medioambiental, mediante la reducción del desperdicio de alimentos (Universidad de Alicante, 2024).

8.11. Incorporación de residuos de aguacate en alimentos funcionales

8.11.1. Cáscara

En un estudio realizado por Rotta et al. (2016), se empleó la cáscara de aguacate en una formulación de té, con el fin de desarrollar un producto que contenga compuestos funcionales con altos niveles de actividad antioxidante. Para esto, los autores prepararon dos muestras con cáscara de aguacate; una de estas se emplea de forma natural y la otra es deshidratada en una estufa a 60 °C, por un período de 24 horas, con el fin de comparar diferencias entre estas. Posteriormente, estas muestras son comparadas con otras muestras de té comerciales; para este caso, se empleó té verde, té de manzana y té mate. Los autores determinaron que el contenido de proteína cruda de las muestras por cada 100 gramos de cáscara de aguacate fue de 61.56 g para la muestra deshidratada, mientras que, para la muestra al natural, fue de 21.62 g. Adicionalmente, el contenido polifenoles para todas las muestras fue; 110.20 mg GAE / 100 g para el té de cáscara de aguacate, 20.72 mg GAE / 100 g, para el té de manzana, 176.68 mg GAE / 100 g, para el té de mate y de 493.81 mg GAE / 100 g, para el té verde. Por otro

lado, el contenido de flavonoides (expresados en mg equivalentes de Quercetina), fue de; 10.38 mg EQ /100g para el té de cáscara de aguacate, 25.78 mg EQ / 100 g para el té de manzana, 83.42 mg EQ / 100 g para el té de mate y finalmente, 134.21 mg EQ / 100 g, para el té verde. Por lo anterior, los autores determinan que la cáscara de aguacate es una buena fuente de compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante, los cuales pueden ser aprovechados como ingrediente para la formulación de productos funcionales.

Viola (2023), realizó una investigación, en la cual incorporó residuos de aguacate, para elaborar un pan de masa madre con sémola y se evaluó el contenido de polifenoles totales en el producto final. Para realizar este estudio, se separaron los residuos de la pulpa de fruta y se realizó la deshidratación de estos, mediante un secador de bandejas a 60 °C por un tiempo de 4 horas. Posteriormente, estos subproductos fueron convertidos en polvo, empleando un molino centrífugo, obteniendo de esta forma un polvo con un tamaño de partícula entre 1.5 mm y 2 mm. Luego, se preparó una muestra control sin adición de residuos de aguacate, y dos muestras con adición de residuos de aguacate en cantidades de 5 % y 10 %, respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos, la muestra control presenta 2.79 mg GAE / g, la muestra con adición de 5 % de residuos de aguacate presenta 23.033 mg GAE / g. Finalmente, la muestra con 10 % de adición, presenta 23.882 mg GAE / g. Por lo anterior, mediante los datos globales del estudio, los autores afirman que los residuos de aguacate pueden incorporarse de forma exitosa en la producción de un alimento funcional, presentando una excelente idoneidad de este tipo de subproductos como ingredientes de alimentos funcionales.

8.11.2. Semilla

Segovia et al (2014) realizaron una investigación en donde modelaron la extracción de polifenoles en la semilla de aguacate y, adicionalmente, emplear este extracto obtenido para evaluar su poder antioxidante en carne de hamburguesa. El aguacate fue conseguido en un mercado local, las semillas fueron separadas de la cáscara y la pulpa, los residuos obtenidos fueron congelados a -80 °C para luego realizar el procedimiento de liofilización. Luego, estas muestras fueron molidas y se estandarizó el tamaño de partícula con un tamiz número 40. El polvo resultante fue mezclado con carne de vacuno, empacado y almacenado a 4 °C por 8 días, con el fin de evaluar su oxidación lipídica. Los resultados obtenidos por los autores evidencian que la carne de hamburguesa con 0.5 % de semilla de aguacate sin liofilizar y 0.1 % de muestra liofilizada, no presentó una oxidación significativa respecto a la muestra control. Demostrando así, que puede existir hasta un 90 % más de protección oxidativa al incluir este tipo de subproducto en sistemas alimentarios.

En un estudio realizado por Siol & Sadowska (2023), se empleó la semilla de aguacate de variedad Hass, con el fin de producir un polvo de semilla de aguacate que pueda ser empleado como ingrediente en la formulación de un snack de cereales. Para llevar a cabo esta investigación, los autores realizaron la separación la semilla de aguacate de los demás componentes de la fruta y sometieron estas semillas a un proceso de sublimación en un liofilizador de una cámara, empleando una temperatura de - 50 °C y una presión de 10

Pascales. Posteriormente, estas semillas fueron convertidas en polvo, empleando una trituradora de cuchillas y posteriormente, se tamizó, para obtener un polvo con un tamaño de partícula de 0,5 nm. Este polvo se empleó en cantidades de 6 %, 12 % y 18 %. Adicionalmente, se preparó una muestra control, que permita medir las diferencias, respecto al aditivo de semilla de aguacate, en los parámetros a evaluar. Los resultados obtenidos por los autores para el contenido de polifenoles totales, por cada 100 gramos de producto, para las muestras control, 6 %, 12 % y 18 %, fue de 12.43 mg GAE, 60 mg GAE, 123.40 mg GAE y de 167.78 mg GAE, respectivamente. Adicionalmente, se evaluó el contenido de actividad antioxidante de las muestras anteriormente mencionadas y se determinó que fue de 1.49 mmol de trolox para la muestra control, 5.56 mmol de trolox para la muestra con 6 %, 10.80 mmol de trolox para la muestra con 12 % y de 14.62 mmol de trolox para la muestra con 18 % de adición de esta harina. Finalmente, los autores concluyeron que, los residuos de cáscara de aguacate obtenidos son una fuente potencial de compuestos antioxidantes y polifenoles, por lo cual, este subproducto puede ser usado como ingrediente en la formulación de un alimento funcional.

En investigaciones similares, Nyakang' et al. (2023), elaboraron un polvo de semilla de aguacate, con el fin de evaluar sus propiedades fisicoquímicas y el contenido de polifenoles totales en productos horneados. Inicialmente, se separó la semilla del aguacate y se realizó el secado de estas semillas a temperatura ambiente hasta alcanzar un peso constante, estas semillas fueron pulverizadas utilizando una licuadora, posteriormente, se empleó un tamiz de 180 μ m y este polvo fue almacenado hasta su uso. Los autores elaboraron un producto horneado, incorporando el polvo de semilla de aguacate en cantidades de 15, 30 y 50 %. Además, se preparó una muestra control, con el fin de realizar una comparación respecto a cada uno de los niveles evaluados. El contenido de polifenoles totales para la muestra control fue de 1.75 mg GAE, para la formulación 1 (15 %) fue de 2 mg GAE, para la formulación 3 (30 %) fue de 2.8 mg GAE y para la formulación con 50 % de harina de semilla de aguacate fue de aproximadamente 3.5 mg GAE. De acuerdo con los resultados obtenidos, los autores afirman que la harina de semilla de aguacate permite incrementar el contenido de polifenoles totales de un producto alimenticio, por lo cual, es un subproducto que puede aprovecharse para la incorporación en alimentos funcionales.

8.12. Tecnologías verdes para la extracción de componentes y aprovechamiento de subproductos

8.12.1. Tecnologías verdes

Técnicas, métodos y desarrollos tecnológicos que logran hacer un uso adecuado de los recursos naturales, ya sean renovables o no renovables, respetando y manteniendo la resiliencia del ecosistema y a su vez, manteniendo intactos también los nutrientes de los alimentos. En este sentido, estos métodos de innovación tecnológica, tienen como premisa mejorar el uso de los recursos naturales, minimizar los desechos, disminuir los impactos medioambientales, maximizar utilidades y, adicionalmente, con la práctica de estas, lograr aumentar la productividad. Estas tecnologías tienen diferentes enfoques; uno de estos,

consiste en la disminución de emisiones o descargas de algún contaminante en particular, también, en el consumo de recursos energéticos o hídricos. Adicionalmente, la implementación de estos métodos innovadores puede generar diversos beneficios, como la reducción de costos en el tratamiento y disposición de residuos, el ahorro de materias primas, la optimización en la gestión de procesos y la mejora de la imagen ambiental de la empresa, entre otros (Arce, 2019; Kasseeah, 2020; Martínez-Rubio et al., 2021; Pratama, 2022, Prieto et al., 2003).

8.12.2. Extracción asistida por ultrasonido (EAU)

Esta técnica amigable con el medio ambiente, consiste en someter el producto a ultrasonidos, esto provoca un fenómeno conocido como cavitación. Esto implica que las microburbujas se colapsan, liberando gases disueltos que penetran en las vacuolas. La expansión abrupta de estas vacuolas provoca la ruptura de las paredes celulares, aumentando la transferencia de masa del producto y logrando una extracción eficiente (Corona et al., 2016; Ordóñez et al., 2015; Xu et al., 2023).

Para realizar la extracción asistida por ultrasonido, se puede emplear un homogeneizador ultrasónico, este consiste de un generador de ultrasonido, con frecuencias ajustables de acuerdo a los objetivos del estudio en cuestión, un transductor, encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica mediante la generación de vibraciones, las cuales producen el fenómeno de cavitación anteriormente descrito, este transductor en la punta posee un sonotrodo que permite modular la amplitud ultrasónica del equipo. Adicionalmente, el montaje del tanque de reacción posee dos orificios donde se localiza la entrada y salida del agua, con el fin de controlar el aumento de la temperatura, generado por la cavitación. Con el fin de generar un proceso óptimo de extracción, se deben tener en cuenta algunos parámetros como lo son: temperatura óptima de extracción de acuerdo al compuesto de interés, rango de frecuencia, potencia y tiempo (Chemat et al., 2017; Varo et al., 2019; Ramón & Gil., 2021; Thilakarathna et al., 2023; Cromtek, 2024).

En la Figura 10, se representa el equipo sonicador.

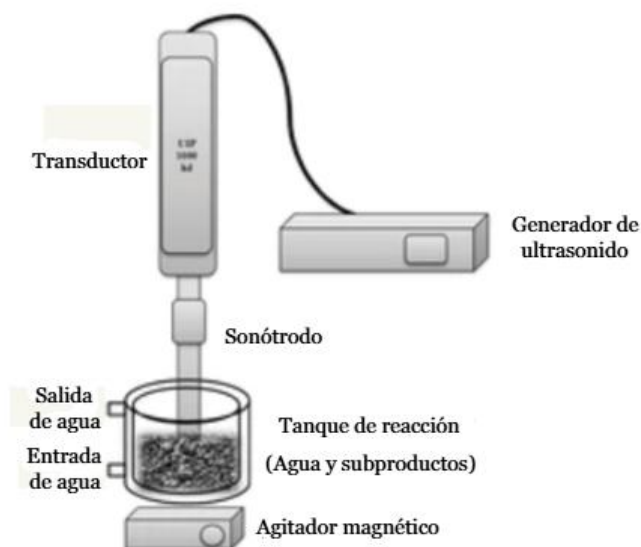


Figura 10. Equipo homogeneizador ultrasónico. Tomado de Varo et al. (2019)

Existen muchas aplicaciones potenciales para la extracción asistida por ultrasonido, entre las cuales se encuentran procesos de cristalización, homogeneización, antiespumado, inactivación de enzimas, secado, filtración y deshidratación osmótica. Las frecuencias que se emplean, se encuentran entre el rango de 18 a 100 kHz. Además, la aplicación de ultrasonido proporciona varios beneficios en los procesos donde se aplica. Por ejemplo, mejora la eficiencia de los disolventes en los materiales celulares, reduce el consumo de disolventes y emulsionantes, facilita la extracción de componentes termosensibles y puede resultar en ahorros energéticos debido al menor tiempo de procesamiento. Asimismo, esta técnica permite la obtención de diversos componentes como proteínas, polisacáridos, compuestos aromáticos y antocianinas. (Torkamani et al., 2014; Deng et al., 2015; Roselló et al., 2015).

8.12.3. Ventana de refractancia (VR)

El secado por ventana refractiva es una tecnología de cuarta generación, desarrollada por MCD Technologies, Inc. Esta es una tecnología de bajo costo y simple, que permite realizar el secado de alimentos que son altamente sensibles al calor, mejorando estas condiciones de secado y la calidad del producto (Tirado et al., 2016; Nguyen et al., 2022). Combina el método de radiación infrarroja con el método de secado por contacto mediante películas de poliéster mylar, que permite la transferencia de calor por conducción hacia el alimento. Este equipo se encuentra compuesto por un baño termostático, dentro del cual se encuentra agua a una temperatura entre 70 - 95 °C. Posee un control de temperatura y en la parte superior del equipo se posiciona la película de poliéster tipo mylar, sobre la cual es depositada la muestra a secar (Baeghballi et al., 2016; Nindo et al., 2007). Esta tecnología es útil para realizar tratamiento sobre alimentos sólidos cortados, semisólidos o alimentos con viscosidades altas o bajas, es especialmente apropiado en alimentos altamente sensibles al calor, como carnes, frutas y verduras, puesto que ayuda a conservar las características nutricionales y compuestos termosensibles, debido a que puede funcionar a tiempos de procesamiento menores que en otros métodos, esto puede deberse a la combinación entre los 3 mecanismos de transferencia

de calor que se presentan en el procedimiento (Ayala et al., 2021). Adicionalmente, se ha reportado que este método tiene un 33 % menos de requerimiento energético que otros métodos de secado, como el de secado por atomización y alrededor de un 50 % menos de costo energético que el proceso de secado por liofilización (Kumar et al., 2024; Miano & Rojas., 2024; Rhagavi et al., 2018).

En la Figura 11, se observa el esquema del equipo de ventana refractiva.

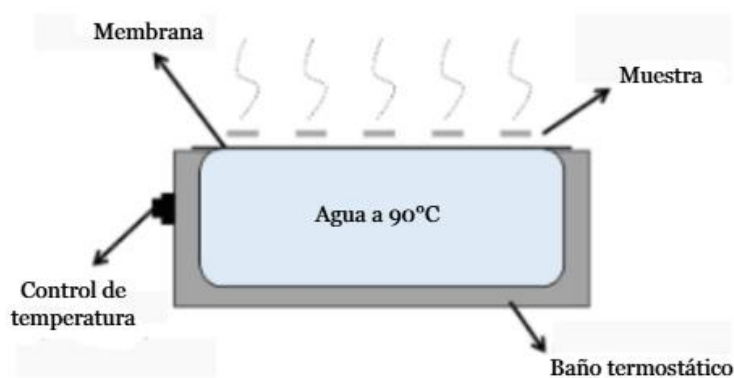


Figura 11. Equipo de secado por VR. Tomado de Ortiz & Ochoa (2018)

8.12.4. Secado solar

El secado solar es un método que consiste en someter el alimento de manera directa o indirecta a la energía en forma de calor proporcionada por el sol para disminuir el contenido de humedad de un alimento, es un proceso que implica una reducción considerable de costos de producción, dado que no necesita de grandes inversiones y tener en cuenta factores ambientales del territorio donde se piensa aplicar (Anzola, 2021). Este método puede presentarse en tres tipos de secado, directo, indirecto y mixto (Ver Figura 12). En los secadores solares directos el alimento se deposita en una recámara donde se calienta el aire del interior por medio del sol cuando cruza a través de una cubierta transparente y llega directamente al producto. Los secadores indirectos constan de dos recintos conectados por algún conducto, donde el aire del primer recinto es calentado por el sol y este fluye hasta un segundo recinto en donde se encuentra depositado el alimento y el mixto combina los anteriores, teniendo así dos recintos, y mientras en uno se calienta el aire y fluye al otro recinto donde se encuentra el alimento, este también recibe de manera directa los rayos del sol. (Serc, 2020)

Estos también pueden clasificarse como pasivos o activos, donde la diferencia radica en el flujo de aire, ya que de manera activa, se fuerza al aire a fluir por medio de alguna turbina, mientras que en el pasivo, el aire fluye de manera natural (Anzola, 2022; Iriarte et al., 2011). Este método es bastante versátil, puesto que permite operar con diferentes configuraciones según las necesidades del entorno, la variabilidad meteorológica, entre otros, lo que permite variar diferentes parámetros como el volumen de producción y tiempo de proceso, haciendo que esto se adapte a las necesidades especiales de cada caso o territorio. (Valencia et al., 2023)

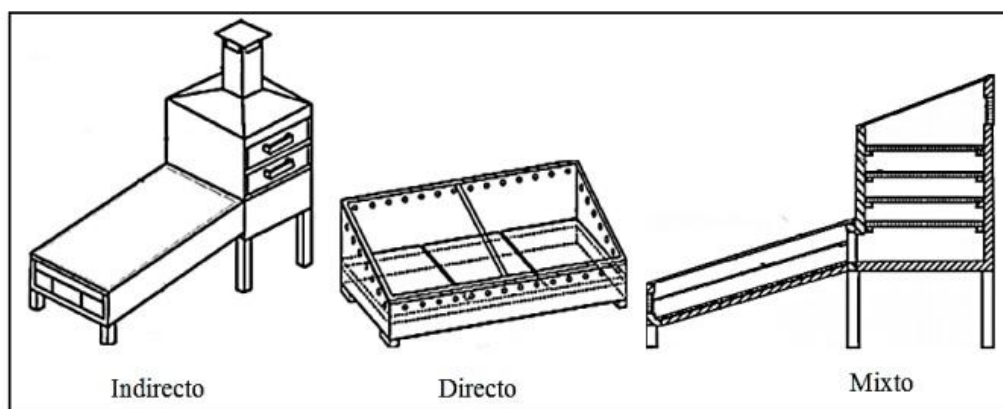


Figura 12. Tipos de secadores solares. Tomado de Mezquitillo et al. (2015)

8.13. Desafíos y oportunidades en la comercialización de alimentos funcionales con subproductos

Una de las dificultades a las que se pueden enfrentar las empresas al utilizar estos subproductos para la elaboración de alimentos funcionales, consiste en que no existe una legislación específica a nivel mundial que aborde el tema de los alimentos funcionales. Por lo tanto, se presume que los alimentos funcionales deben cumplir con la legislación vigente de alimentos, la cual se basa en la declaración de nutrientes, evitar la falsa información, no engañar al consumidor acerca de propiedades medicinales del producto. No obstante, a pesar de esto, la Unión Europea si cuenta con dos reglamentos, bajo los cuales pueden acogerse los alimentos funcionales; la primera de estas es el reglamento sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios, este reglamento evalúa la seguridad de los productos alimenticios antes de permitir su distribución, el segundo reglamento aborda temas sobre declaraciones nutricionales y propiedades saludables de alimentos, mediante el cual se busca garantizar que los consumidores se encuentren protegidos al momento de elegir sus productos alimenticios, regulando las declaraciones de salud de los diferentes productos (Olagnero et al., 2007; Llombart, 2013).

Otro de los desafíos que se pueden presentar en las empresas que comercializan con alimentos funcionales elaborados a partir de subproductos de la agroindustria es asegurar un abastecimiento constante de estos, ya que muchas de las frutas que se procesan, tienen temporadas determinadas de cosecha y siembra, por lo tanto, garantizar un abastecimiento constante puede ser una gran dificultad, ya que depende del tipo de fruta, cantidad de proveedores, calidad de los subproductos, entre otros. También es posible mencionar que, para realizar el aprovechamiento de subproductos agroindustriales, se deba incurrir en costos de adquisición de equipos que empleen tecnologías de alta eficiencia, que permitan realizar un aprovechamiento óptimo de los nutrientes que pueden estar presentes en estos residuos (Gutiérrez et al., 2020). Adicionalmente, de acuerdo con Villada et al (2005), la baja densidad de los residuos (expresada en kg/m^3) y los costos involucrados en transporte, pueden ser otro de los factores que dificulte el uso de estos residuos.

A continuación, se presentan algunas empresas que realizan comercialización de alimentos funcionales, desarrollados a partir de subproductos de la agroindustria.

8.13.1. Naturpick

Es un proyecto, el cual se encuentra consorciado por 3 entidades españolas; Agroponente Natural Produce, S.L, Moreno Ruiz Hermanos, S.L y DMC Research Center, S.L. En conjunto con entidades como el centro tecnológico Tecnova, la Universidad de Sevilla y la Universidad de Granada quienes brindan apoyo al área de investigación e innovación del proyecto. El objetivo principal de Naturpick consiste en elaborar alimentos nutricionalmente enriquecidos, empleando para esto, sustancias con propiedades bioactivas, las cuales son obtenidas de productos hortofrutícolas. Este proyecto transforma emplea esta materia prima para elaborar alimentos funcionales como geles, polvos y barras nutricionales (Domca, 2023).



Figura 13. Barritas energéticas Naturpick. (Domca, 2023).

8.13.2. Ingredalia

Es una empresa fundada en el año 2017, con sede en Navarra, España. Tiene como objetivo elaborar y comercializar ingredientes funcionales de carácter natural, a partir de subproductos vegetales provenientes de la agroindustria. Siendo una empresa líder en el aprovechamiento de subproductos y aportando a la economía circular de la cadena alimenticia. En su catálogo de ingredientes funcionales, posee dos productos, los cuales son; el sulphorant smart, el cual es un fitoquímico con una alta actividad inmunoestimulante. El segundo producto, es el brasphenol, este consiste en un extracto vegetal, con una alta concentración de polifenoles y una alta capacidad antioxidante, este producto es basado en la recuperación de polifenoles presentes en algunos vegetales, como el brócoli y se comercializa en polvo. Es importante dar a conocer que esta empresa no solamente elabora alimentos funcionales, sino también

productos cosméticos, complementos alimenticios y productos alimenticios para mascotas (Ingredalia, 2024).



Figura 14. Productos funcionales. (Ingredalia, 2024).

8.13.3. Azubioact

Este proyecto es liderado por el CIDAF (Centro de investigación y desarrollo del alimento funcional) y la firma azucarera del guadafeo, uno de sus proyectos activos, consiste en el desarrollo de alimentos funcionales a partir de subproductos provenientes de la industria azucarera-alcoholera. El objetivo principal es realizar un aprovechamiento de vinazas azucareras, aplicando tratamientos fermentativos y enzimáticos, que permitan incrementar las propiedades nutricionales de estos subproductos, con el fin de que puedan ser usados como ingredientes en la formulación de alimentos funcionales. Adicionalmente, el CIDAF posee varios proyectos finalizados; como el desarrollo de alimentos funcionales a partir de la cáscara de papa, desarrollo de guacamoles funcionales con incorporación de ingredientes obtenidos a partir de la revalorización de subproductos del aguacate, para incorporación en nutrición animal, nutracéuticos y cosméticos, snacks bajos en sol a través de ingredientes que simulan el sabor salado, entre otros (Interempresas, 2021; CIDAF, 2024).



Figura 15. Snacks bajos en sal. (Interempresas, 2021; CIDAF, 2024).

8.13.4. Renewal Mill

Es una empresa dedicada a la elaboración de super ingredientes a partir de la proteína y fibras naturales que se procesan de los alimentos vegetales, durante su etapa de elaboración. Inicialmente, la empresa se dedicaba exclusivamente a la elaboración de jugos. Sin embargo, al notar el potencial nutritivo de la pulpa y desechos orgánicos, surgió la idea de aprovechar diferentes subproductos con el fin de emplearlos como ingredientes para alimentos funcionales. Algunos de sus productos son elaborados con los residuos del proceso de molienda de la sémola de maíz, fibra obtenida del procesos de elaboración de zumo o jugos de piña, residuos del proceso de molienda de avena.



Figura 16. fuente de subproductos (Renewal Mill, 2024).

8.14. Industrias Colombianas con aplicaciones de subproductos agroindustriales

En el territorio Colombiano, existen empresas que hacen uso de residuos agroindustriales para el desarrollo de diferentes productos sin embargo no cuentan con un enfoque de producción dirigido hacia la industria alimentaria en cuanto a subproductos se refiere. Algunas de esas industrias se detallan a continuación.

8.14.1. Lifepack

Es una empresa que realiza transformación de residuos agroindustriales en empaques germinables. Fue la primera empresa Colombiana en desarrollar e incorporar empaques sostenibles con incorporación de semillas. Lifepack tiene algunas premisas fundamentales para su funcionamiento, una de ellas es que sus empaques son 100 % compostables y pueden germinar en 8 días. Adicionalmente, no talan árboles para producir papel, sino que los principales proveedores de materias primas son los agricultores de piña.



Figura 17. Ciclo de productos (Lifepack, 2024).

8.14.2. Fibogroup

Es una empresa dedicada a la transformación de residuos de piña, plátano y cáñamo en materiales sostenibles, creando con estos elementos como hilos y telas. Adicionalmente, esta empresa brinda servicios de asesoría en proyectos de sostenibilidad, desde la planeación, hasta la ejecución del proyecto, ofrecen cursos de textiles sustentables, los cuales abarcan desde fibras naturales hasta técnicas de hilado y tejido y brindan servicios de caracterización y apoyo técnico para el manejo eficiente de residuos del agro.



Figura 18. Materia prima (Fibogroup, 2024).

8.14.3. Fibrense

Es una empresa ubicada en Santander, la cual se dedica a la producción de pulpa de celulosa, papel y empaques ecológicos, empleando para esto residuos de la agroindustria, específicamente residuos de la piña. Estos productos son elaborados principalmente por comunidades rurales y familiares de agricultores. Entre su catálogo de productos se encuentra el papel hecho a mano, realizado con un 100 % de fibras extraídas de la piña, bolsas biodegradables de fibra de piña, papel fibrense para litografía, tarjetas de presentación, sobre y etiquetas



Figura 19. Fuente de subproductos y productos elaborados (Fibrense, 2024; Uniminuto, 2024)

9. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de residuos agroindustriales de mango, guayaba, piña y aguacate, mediante tecnologías verdes como el secado solar, la ventana de refractancia y la extracción asistida por ultrasonido, permiten incrementar el valor nutricional de los alimentos o reducir complejidad y costos de producción, a la vez que permiten la recuperación de compuestos bioactivos presentes en los residuos alimenticios, mientras realizan una contribución significativa a la sostenibilidad ambiental al reducir el desperdicio de estos recursos, a mejorar la huella de carbono y se presentan como una estrategia clave para el desarrollo de alimentos funcionales.

A pesar de los grandes beneficios de la comercialización y producción de alimentos funcionales elaborados a partir de subproductos, existen también desafíos como la estacionalidad de las frutas y la alta demanda económica que requiere la adquisición de equipos y tecnologías de alta eficiencia. No obstante, estas dificultades también pueden representar una oportunidad para la innovación y desarrollo de nuevos productos, tecnologías y métodos, para el aprovechamiento de estos residuos, generando nuevos alimentos para el mercado.

Las tecnologías verdes investigadas demostraron ser efectivas para maximizar la recuperación de compuestos bioactivos de los subproductos de mango, guayaba, piña y aguacate. Estas técnicas no solo mejoran la calidad de los productos finales, sino que también son más sostenibles en comparación con métodos tradicionales. El uso de estas tecnologías se alinea con los principios de sostenibilidad al reducir impactos ambientales y promover un uso eficiente de recursos, este es un aspecto de gran relevancia en el contexto colombiano, donde la producción hortofrutícola es abundante y así mismo, los residuos generados son significativos.

La investigación realizada destaca la necesidad de revalorizar los subproductos agroindustriales, los cuales a menudo son considerados residuos y enviados a rellenos sanitarios o para alimentación animal. Este enfoque no solo ayuda a mitigar problemas medioambientales; como la generación de desechos, la contaminación y el aumento de la huella de carbono, sino que también ofrece oportunidades económicas al generar nuevos productos alimenticios funcionales.

10. REFERENCIAS

- Abraham, R. A., Joshi T, J., & Abdullah, S. (2023). A comprehensive review of pineapple processing and its by-product valorization in India. *Food Chemistry Advances*, 3, 100416. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100416>
- Ackom, N., & Tanoh, D. (2012). Processing pineapple pulp into dietary fibre supplement. *Scholarly, Peel Reviewed*, 12(6). <https://www.bioline.org.br/pdf?nd12089>
- Acquavia, M. A., Benítez, J. J., Bianco, G., Crescenzi, M. A., Hierrezuelo, J., Grifé-Ruiz, M., Romero, D., Guzmán-Puyol, S., & Heredia-Guerrero, J. A. (2023). Incorporation of bioactive compounds from avocado by-products to ethyl cellulose-reinforced paper for food packaging applications. *Food Chemistry*, 429, 136906. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136906>
- Agrosavia. (2021). *Contexto de cadena - Piña*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36953/Ver_documento_36953.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aguilar, S., Enríquez Estrella, M., & Uvidia Cabadiana, H. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *AXIOMA*, 1(27), 5–11. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Aguilar, A., Omelas, J., Tapia, L., & Ruiz, S. (2019). The importance of the bioactive compounds of avocado fruit (*Persea americana* Mill) on human health. *Biotecnia*, 21(3), 154–162. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971084019.pdf>
- Aguilar, G., García, M. de L., Vivar, M. de los Á., Sáyago, S. G., Sánchez, J. A., Morales, J., Anaya, L. M., & Montalvo, E. (2019). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from *Annona muricata* By-Products and Pulp. *Molecules*, 24(5), 904. <https://doi.org/10.3390/molecules24050904>
- Aguilera, G. A., Rodríguez, E., Chaparro, H. N., & Orduz, J. O. (2020). Estado actual de la investigación para el cultivo de guayaba en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 845–860. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40207>
- Akan, S. (2021). Phytochemicals in avocado peel and their potential uses. *Food and Health*, 7(2), 138–149. <https://doi.org/10.3153/FH21015>
- Alejandro, D., & Luna, R. (2020). Innovación en Tecnología Verde y las restricciones estructurales para su desarrollo en los países de periferia. <https://ru.iiec.unam.mx/5251/>
- Almulaiky, Y., Zeyadi, M., Saleh, R., Baothman, O., Al-shawafi, W., & Al-Talhi, H. (2018). Assessment of antioxidant and antibacterial properties in two types of Yemeni guava cultivars. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.025>

- Aly, A. (2019). Chemical, Rheological, Sensorial and Microbial Evaluation of Supplemented Wheat Flour Biscuit with Guava Seeds Powder. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 10(5), 147–152. <https://doi.org/10.21608/jfds.2019.43132>
- Alza, G. A., & Aurora, Y. Y. (2019). *Efecto del secado en bandeja, liofilización y secado solar en la capacidad antioxidante de la harina de brácteas de alcachofa (cynara scolymus) var. green globe y var. imperial star*. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3451/49603.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andión, R., Suárez, J. A., & Sciro, M. C. (2012). Evaluación experimental de un secador solar tipo Gabinete para el secado de hollejo de naranja. *Revista Tecnología Química*, 32(22). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852012000200010&lng=es&tlng=es
- Anzola, A. (2021). Evaluación del efecto del secado solar en las características fisicoquímicas del almidón de Achira (*Canna edulis Ker*). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81368>
- Arce, S. (2019). La innovación agroindustrial: componentes, tendencias y acciones. *E-Agronegocios*, 6(1), 25–37. <https://doi.org/10.18845/rea.v6i1.4938>
- Arcila, A., Castillo, G., Pérez, L., Abaunza, C., & Yacomelo, M. (2022). *Modelo productivo de mango de azúcar (Mangifera indica L.) para el departamento del Magdalena*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7405170>
- Arias, A. M., Sgroppo, S. C., & Zaritzky, N. E. (2024). Caracterización fisicoquímica de frutos de mango (*Mangifera indica L.*) silvestre de la provincia de Corrientes. *Investigaciones Básicas y Aplicadas En Alimentos*, 1, e001–e001. <https://doi.org/10.24215/30089336e001>
- Arroyo, E. D. (2020). Utilización de los subproductos de mango (*Mangifera indica L.*) con tecnología cero desechos para la elaboración de productos aplicados a la industria cosmética y alimenticia.
- Arsad, N. K., Abd Samad, A., Jamaluddin, H., & Wan Dagang, W. R. Z. (2023). Isolation of Proteolytic Enzyme from Pineapple Crown. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 46(2), 607–626. <https://doi.org/10.47836/pjtas.46.2.14>
- Arshad, M. S., Kwon, J.-H., Imran, M., Sohaib, M., Aslam, A., Nawaz, I., Amjad, Z., Khan, U., & Javed, M. (2016). Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization, a mini review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1261780>

- Artunduaga, J., & Correal, I. (2021). Diseño y formulación de un producto alimenticio funcional reemplazando el azúcar añadido con xilitol. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/5607ecd0-c031-4db1-8b7e-81e4437d6648/content>
- Avila, Y., & Villanueva, P. (2018). Aprovechamiento integral de la semilla de *Mangifera indica* L. de cuatro variedades cultivadas en el departamento del Tolima. <https://repository.ut.edu.co/entities/publication/7216f907-88d7-4882-8972-b9796852637f>
- Ayungua, J. Y. (2021). Determinación de la factibilidad para valorizar los residuos de Determinación de la factibilidad para valorizar los residuos de aguacate, evaluando su biodegradabilidad a partir de un análisis termogravimétrico. In *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/4664
- Baeghbal, V., Niakousari, M., & Farahnaky, A. (2016). Refractance Window drying of pomegranate juice: Quality retention and energy efficiency. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.017>
- Bautista, A. (2016). Desempeño de deshidratador tipo túnel con dependencia de la temperatura y humedad para productos agrícolas. <http://eprints.uanl.mx/14170/1/1080237891.pdf>
- Becerra, J. J. (2023). *Dinámica de la producción nacional de mango [2018 - 2022]*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1651/1/Dinamica-de-la-produccion-de-mango-2018-2022.pdf>
- Beltrán de Heredia, M. R. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3), 12–14. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-alimentos-funcionales-X0213932416546681>
- Bertagnolli, S. M. M., Silveira, M. L. R., Fogaça, A. de O., Umann, L., & Penna, N. G. (2014). Bioactive compounds and acceptance of cookies made with Guava peel flour. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(2), 303–308. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0046>
- Blancas, F. J., Mercado, G., Quirós, A. E., Montalvo, E., González, G. A., & Sáyago, S. G. (2015). Bioaccessibility of polyphenols associated with dietary fiber and in vitro kinetics release of polyphenols in Mexican ‘Ataulfo’ mango (*Mangifera indica* L.) by-products. *Food & Function*, 6(3), 859–868. <https://doi.org/10.1039/C4FO00982G>
- Blanco, M. S., León, A. E., & Ribotta, P. D. (2019). Incorporation of dietary fiber on the cookie dough. Effects on thermal properties and water availability. *Food Chemistry*, 271, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.146>

- Buitrago, G., Bustamante, S., Corredor, G., Saavedra, J., Pinzón, Y., Pinzón, D., Pérez, D., & Díaz, D. (2024). Guayaba (*Psidium guajava* L.): manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86760>
- Buitrago, C. A. (2014). Estudio preliminar para deshidratación solar de mango (*Mangifera Indica* L. var. Común) en Colombia. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3488>
- Camacho, R. C., Robles, R., Preciado Saldaña, A. M., Abraham, J., Avila, D., & González Aguilar, G. A. (2018). *Alimentos funcionales y su papel en problemas de salud nacional: caso de la diabetes*. https://www.researchgate.net/publication/329934139_Alimentos_funcionales_y_su_papel_en_problemas_de_salud_nacional_caso_de_la_diabetes
- Camayo, B. F., Quispe, M. A., Huamán, A. R., Condezo, D. E., Massipe, J. R., & Landa, L. E. (2020). Instalación y evaluación de secador solar autónomo para secado de papa en Tarma. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1221–1231. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2328>
- Camelo, V., & Romero, F. (2023). *Evaluación del proceso para la obtención de extracto de semilla de guayaba (Psidium guajava L.) para su utilización en la industria alimentaria*. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9311/1/6181422-2023-2-IQ.pdf>
- Campos, D. A., Coscueta, E. R., Vilas-Boas, A. A., Silva, S., Teixeira, J. A., Pastrana, L. M., & Pintado, M. M. (2020). Impact of functional flours from pineapple by-products on human intestinal microbiota. *Journal of Functional Foods*, 67, 103830. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103830>
- Carabalí, M., & Galindo, Á. (2015). *Uso de harina de maíz y residuos de cáscara de piña como vehiculizantes de especias en la elaboración de un sazónador*. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b4de51b-9ef6-4503-92b9-4b573fe2265f/content>
- Cassia, J. (2013). Fatty acids and some antioxidant compounds of *Psidium guajava* seed oil. *Acta Alimentaria*, 42(3), 371–378. https://www.researchgate.net/publication/276184804_Fatty_acids_and_some_antioxidant_compounds_of_Psidium_guajava_seed_oil
- Castrillón, M. (2018). *Estudio sobre bioeconomía. Análisis sector alimentos y comida*. Corporación Biointropic. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-crecimiento-verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Informe%202/ANEXO%202_An%C3%A1lisis%20sector%20alimentos%20y%20bebidas.pdf

- Chaparro, S. P., Lara, A. E., Sandoval, A., Sosa, S. J., Martínez, J. J., & Gil, J. H. (2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango [*Mangifera indica* L.]. (Functional Characterization of Mango Seeds Kernel [*Mangifera indica* L.]). *CIENCIA EN DESARROLLO*, 6(1), 67. <https://doi.org/10.19053/01217488.3651>
- Chaudhary, S., & Singh, B. (2024). Pineapple by-products utilization: Progress towards the circular economy. *Food and Humanity*, 2, 100243. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100243>
- Chaurasiya, R. S., & Umesh Hebbar, H. (2013). Extraction of bromelain from pineapple core and purification by RME and precipitation methods. *Separation and Purification Technology*, 111, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.03.029>
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.-G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.-S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540–560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Chen, H., Sheu, M., Link, L., & Wu, C. (2007). Nutritional composition and volatile compounds in Guava. *Fresh Produce*. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0712/FP_1\(2\)/FP_1\(2\)132-139o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0712/FP_1(2)/FP_1(2)132-139o.pdf)
- CIDAF. (2024). Proyectos finalizados. *Centro de Investigación y Desarrollo Del Alimento Funcional*. <https://www.cidaf.es/proyectos-finalizados/>
- Colombia, S. de agricultores de. (2018). Así es la hortofruticultura nacional. In *Revista Nacional de Agricultura*. <https://sac.org.co/asi-es-la-hortofruticultura-nacional/>
- Corona-Jiménez, E., Martínez-Navarrete, N., Ruiz-Espinosa, H., Carranza-Concha, J., Km, Z.-G., Escondida, L., Zacatecas, Z. C. P., & 98160, M.-C. (. (2016). *Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (Salvia hispanica L.) y su actividad antioxidante*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000400403
- Cromtek. (2024). *Homogeneizador ultrasónico: Así funciona este equipo*. <https://www.cromtek.cl/2022/06/02/homogeneizador-ultrasonico-asi-funciona-este-equipo/>
- Cuevas, I., Soto, M., & Rocha, L. (2017). El uso de las tecnologías verdes y sus beneficios en las empresas medianas del sector agroindustrial en México. *Altec*, XVII. https://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_297.pdf

- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- da Silva, R., Nunes, I. L., & Block, J. M. (2020). Ultrasound-Assisted Extraction for the Recovery of Carotenoids from Guava's Pulp and Waste Powders. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(1), 63–69. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00784-0>
- DANE. (2022). Pobreza monetaria y pobreza monetaria extrema. In *Departamento Nacional de Planeación*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-monetaria>
- DANE. (2024). Proyecciones de población. In *Departamento administrativo Nacional de estadística*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Danielski, R., & Shahidi, F. (2023). Guava processing waste: Biological activity profile of a natural and sustainable source of phenolic antioxidants. *Food Bioscience*, 56, 103294. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103294>
- Das, P. C., Khan, Md. J., Rahman, Md. S., Majumder, S., & Islam, Md. N. (2019). Comparison of the physico-chemical and functional properties of mango kernel flour with wheat flour and development of mango kernel flour based composite cakes. *NFS Journal*, 17, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.10.001>
- Da-Silva, D. I. S., Nogueira, G. D. R., Duzzioni, A. G., & Barrozo, M. A. S. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. *Industrial Crops and Products*, 50, 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.001>
- Delgado, P. (2020). Evaluación del efecto de tres diferentes métodos de secado sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la guayaba (*Psidium guajava*). <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38808/pleonde-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Della Posta, S., Gallo, V., Ascrizzi, A. M., Gentili, A., De Gara, L., Dugo, L., & Fanali, C. (2023). Development of a green ultrasound-assisted procedure for the extraction of phenolic compounds from avocado peel with deep eutectic solvents. *Green Analytical Chemistry*, 7, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2023.100083>
- Deng, Q., Zinoviadou, K. G., Galanakis, C. M., Orlie, V., Grimi, N., Vorobiev, E., Lebovka, N., & Barba, F. J. (2015). The Effects of Conventional and Non-conventional Processing on Glucosinolates and Its Derived Forms, Isothiocyanates: Extraction, Degradation, and

- Applications. *Food Engineering Reviews*, 7(3), 357–381. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9104-9>
- Devi, L. M., Das, A. B., & Badwaik, L. S. (2024). Ultrasound-assisted extraction of anthocyanin from black rice bran and its encapsulation by complex coacervation. *Food Hydrocolloids for Health*, 5, 100174. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100174>
- Dewage, D. D. D. H., Samarakoon, S. M. G. K., Karunaratne, S. H. S., & Rajapakse, C. S. K. (2023). *Psidium guajava* L. (Common Guava) Peel, Pulp and Leaves as Natural Sources of Antioxidants, Antimicrobials and Photoprotective Agents for Development of Sun Protection Cosmeceuticals. *Asian Journal of Chemistry*, 35(1), 89–94. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2023.24058>
- Diaz, J., Totosaus, A., Cruz-Guerrero, A. E., & de Lourdes Pérez-Chabela, M. (2013). In vitro evaluation of the fermentation of added-value agroindustrial by-products: cactus pear (*puntia ficus-indica*) peel and pineapple (*Ananas comosus*) peel as functional ingredients. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(7), 1460–1467. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12113>
- Dibanda, F., Rani, A., & Manohar, R. (2016). Chemical composition of some selected fruits. *European Journal of Food Science and Technology*, 4(4), 12–21. <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Chemical-Composition-of-Some-Selected-Fruit-Peels.pdf>
- Domca. (2023). Naturpick: Alimentos fortificados a partir de sustancias bioactivas de subproductos de la industria alimentaria. In *grupo empresarial DMC Holding*. <https://www.domca.com/naturpick-alimentos-fortificados-subproductos/>
- Dorgambide, A., Parejo, D., Reyes, F., & Macías, S. (2024). Diagnóstico de la oferta colombiana de productos agroindustriales frente a los requisitos de sostenibilidad de la Unión Europea. *AL-INVEST Verde*. <https://alinvest-verde.eu/wp-content/uploads/2024/08/Diagnostico-oferta-colombiana.pdf>
- Egbuonu Cemaluk Anthony, C. (2018). Proximate, Functional, Antinutrient and Antimicrobial Properties of Avocado Pear (*Persea americana*) Seeds. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00260>
- El-Gendi, H., Salama, A., El-Fakharany, E. M., & Saleh, A. K. (2023). Optimization of bacterial cellulose production from prickly pear peels and its ex situ impregnation with fruit byproducts for antimicrobial and strawberry packaging applications. *Carbohydrate Polymers*, 302, 120383. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.120383>

- Enriquez, M., Torres, L., Monar, K., & Uvidia, H. (2022). Alimentos funcionales la tendencia de consumo del siglo XXI. In *Revista científica agropecuaria* (pp. 10–19). <https://pdfs.semanticscholar.org/9ae5/1af2e39d25dcc568ee037a90afe43e63c03e.pdf>
- Escudero, F. (2023). *Determinación de antioxidantes en alimentos funcionales*. https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/20114/1/TFG_Escudero%20Amate_F%C3%A1tima.pdf
- Espinoza S, J. (2016). Innovación en el deshidratado solar. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 24(Especial), 72–80. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000500010>
- Ferreira, B. L., Junior, T. K., Block, J. M., Granato, D., & Nunes, I. L. (2021). Innovative approach for obtaining phenolic compounds from guava (*Psidium guajava* L.) coproduct using ionic liquid ultrasound-assisted extraction (IL-UAE). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 38, 102196. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102196>
- Fibogroup. (2024). *Fibogroup. Aprovechamiento de residuos agrícolas*. <https://fibogroup.com.co/#>
- Finagro. (2018). *Ficha de inteligencia. Aguacate*. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_aguacate_version_ii.pdf
- Fito-Maupoe, Pedro., Grau, A. M., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Editorial de la UPV. https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true
- Fitriani, F., Dzulhijjah, W. A., Fitriani, F., Aprilia, S., Arahman, N., Bilad, M. R., Rahmah, K., Akbar, E. H., & Raqib, M. (2024). Formulation optimization of bionanocomposite film based on polyvinyl alcohol/glycerol/cellulose nanocrystal from pineapple crown leave fibers using response surface methodology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1290(1), 12010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1290/1/012010>
- Fuentes, L., Acevedo, D., Chantré, C. A., & Gelvez, V. M. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 140. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149)
- Galvez, F. (2021). *Obtención de sorbetes a base de bioplástico derivado de corona de piña (Ananas comosus L.)*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17174/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-79.pdf>

- García A., L. (2018). Evaluación de la aplicación del método de ventana refractiva en la deshidratación de pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *Ingeniería y Región*, 20, 46–51. <https://doi.org/10.25054/22161325.1934>
- García, M. C., Agudelo, T., Poveda, J. A., Piedrahita, S., & Cardona, C. A. (2023). Alternatives for the Valorization of Avocado Waste Generated in the Different Links of the Value Chain Based on a Life-Cycle Analysis Approach. *Agronomy*, 13(9), 2229. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092229>
- Gaviria, S. (2016). *PÉRDIDA Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN COLOMBIA*. Sinergia DNP. https://sinergia.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf
- Gómez, G. R., & Guzmán, O. F. (2019). Alternativas de valorización para el residuo de mango (*Mangifera indica* L.) mediante el uso de biotecnología tradicional en el Departamento del Atlántico. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17819>
- Guanzón, P., Del-Rosario, R., & Walag, A. (2024). Proximate composition and anti-nutritional analyses of selected underutilized fruit seeds. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 25(1), 48–57. <https://www.innspub.net/wp-content/uploads/2024/08/JBES-V25-No1-p48-57.pdf>
- Guerrero, A., & Campos, M. (2014). Estimación teórica del proceso de transformación del mango (*mangifera indica*) y aprovechamiento de sus subproductos en los municipios de chicoral, espinal y gualanday, dpto del Tolima. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2483/65771806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerrón, S. X., Cano, L. K., & Sigcha, J. C. (2021). Beneficios de los alimentos con fitoestrógenos en mujeres menopáusicas; Centro de Salud Tulcán Sur 2020. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i1.2900>
- Gupta, A. K., Gurjar, P. S., Beer, K., Pongener, A., Ravi, S. C., Singh, S., Verma, A., Singh, A., Thakur, M., Tripathy, S., & Verma, D. K. (2022). A review on valorization of different byproducts of mango (*Mangifera indica* L.) for functional food and human health. *Food Bioscience*, 48, 101783. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101783>
- Gutiérrez, A., Florez, J., Quiroz, E., & Martínez, S. (2020). Conversión de residuos agroindustriales para la generación de biocombustibles, productos de valor agregado y bioenergía. *Digital Ciencia*, 13(1). <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/41>
- Gutiérrez, C., Herrera, M., Mansilla, F., & Sisca, M. (2011). Secadero solar indirecto de circulación natural, para hierbas aromáticas, frutas, y verduras en la ciudad de pico

- truncado. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente - AVERMA*, 1–7. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2337>
- Hadidi, M., Amoli, P. I., Jelyani, A. Z., Hasiri, Z., Rouhafza, A., Ibarz, A., Khaksar, F. B., & Tabrizi, S. T. (2020). Polysaccharides from pineapple core as a canning by-product: Extraction optimization, chemical structure, antioxidant and functional properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 2357–2364. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.092>
- Hakalehto, E. (2020). Market Analysis of Functional Food & Advanced Nutraceuticals. In *Journal of Plant Biochemistry and Physiology*. <https://www.longdom.org/open-access-pdfs/market-analysis-of-functional-food--advanced-nutraceuticalsseptember-2526-2020-vancouver-canada.pdf>
- Hefzalrahman, T., Morsi, M. K. S., Morsy, N. F. S., & Hammad, K. S. M. (2022). Application of enzyme and ultrasound assisted extraction of polyphenols from avocado (*Persea americana* Mill.) peel as natural antioxidants [pdf]. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(2), 129–138. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2022.0980>
- Hemalatha, R., & Anbuselvi, S. (2013). Physicochemical constituents of pineapple pulp and waste. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5(2), 240–242. <https://www.jocpr.com/articles/physicochemical-constituents-of-pineapple-pulp-and-waste.pdf>
- Heo, S.-H. (2021). Study on the Measure for Improving the Review System for the Individually Approved Health Functional Food. *Food Supplements and Biomaterials for Health*, 1(3). <https://doi.org/10.52361/fsbh.2021.1.e36>
- Hernández, G., Ortega, E., & Ortega, I. (2021). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (*Ananas comosus*) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 7(14), 24–28. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/issue/view/344>
- Hernández, J., Quinto, P., Aguilar, J., Barbosa, G., Raso, W., & Velázquez, M. (2019). Secado solar de chicozapote (*Manilkara zapota*). *Científica*, 23(2), 135–139. <https://www.redalyc.org/journal/614/61459623006/html/>
- Huang, Y.-L., Chow, C.-J., & Fang, Y.-J. (2020). Preparation and physicochemical properties of fiber-rich fraction from pineapple peels as a potential ingredient. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19(3). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2179>
- ICA. (2022). Con un embarque de 20 toneladas, Colombia inició la exportación de mango fresco a Estados Unidos. In ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-embarque-20toneladas-mango#:~:text=Colombia%20cuenta%20con%20cerca%20de,producci%C3%B3n%20nacional%20de%20350.000%20toneladas>

- IIFT. (2023). *Cultivo y comercialización de la guayaba*. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-08/PNUD-Cuba-GUAYABA-Cultivo-Comercializacion.pdf>
- Ingredalia. (2024). Empresa innovadora de base tecnológica con sede en Milagro (Navarra). In *Ingredalia Improving Naturally*. <https://ingredalia.net/quienes-somos/>
- Inoue, B. S., Streit, S., dos Santos Schneider, A. L., & Meier, M. M. (2020). Bioactive bacterial cellulose membrane with prolonged release of chlorhexidine for dental medical application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 1098–1108. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.036>
- Interempresas. (2021). Alimentos funcionales a base de subproductos azucareros. In *Interempresas alimentación*. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/375482-Crean-nuevos-alimentos-funcionales-con-subproductos-azucareros.html>
- Iriarte, A., Bistoni, S., Watkins, M., Luque, V., Sanchez, H., & Brizuela, L. (2011). *ANÁLISIS DE UN SECADERO SOLAR TENDALERO CON TORRE CENTRAL EN CONVECCION NATURAL* #. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/14623>
- Iuit, M., Betancur, D., Santos, J., & Cantón, C. (2019). Mermelada enriquecida con fibra dietética de cáscara de Mango (*Mangifera indica* L.). *Tecnología En Marcha*, 32(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822019000100193
- Jácome, C. R., Gaibor, S. S., Mazabanda, R. A., Bayas, I. F., & Villota, A. J. (2023). Alimentos funcionales y su efecto en el control de la diabetes. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.352>
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Nyam, K.-L., Norulaini, N. A. N., Sahena, F., & Mohd Omar, A. K. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. *Food Chemistry*, 183, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.046>
- Jatav, J., Chinchkar, A. V, & Bhattacharya, B. (2023). Chitosan film with pineapple peel extract in the extension of shelf life of Indian cottage cheese: Release kinetics and bio-accessibility studies. *Food Research International*, 174, 113580. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113580>
- Jibaja, L. M., & Sánchez, J. (2015). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de la harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) variedad “Criollo” procedente de la provincia de Sullana en Piura. *Tecnología y Desarrollo*, 13(1), 23–26. <https://doi.org/10.18050/td.v13i1.748>

- Kabir, M. R., Hasan, S. M. K., Islam, M. R., & Ahmed, M. (2024). Development of functional noodles by encapsulating mango peel powder as a source of bioactive compounds. *Heliyon*, 10(1), e24061–e24061. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24061>
- Kareb, O., & Aider, M. (2019). Whey and Its Derivatives for Probiotics, Prebiotics, Synbiotics, and Functional Foods: a Critical Review. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 11(2), 348–369. <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9427-6>
- Kasseeah, H. (2020). Green measures and firm characteristics: evidence from small businesses in an emerging economy. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(1), 55–64. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1676322>
- Kaur, B., Panesar, P. S., & Thakur, A. (2024). Response surface optimization, kinetic modeling, and thermodynamic study for ultrasound-assisted extraction of dietary fiber from mango peels and its structural characterization. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05606-1>
- Kaushal, R., Kaur, B., Panesar, P. S., Anal, A. K., & Chu-Ky, S. (2024). Valorization of pineapple rind for bromelain extraction using microwave assisted technique: optimization, purification, and structural characterization. *Journal of Food Science and Technology*, 61(3), 551–562. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05863-4>
- Khalifa, I., & Barakat, H. (2016). Influencing of Guava Processing Residues Incorporation on Cupcake Characterization. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(4). <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000513>
- Kim, M.-H., & Kim, J.-W. (2010). Comparison through a LCA evaluation analysis of food waste disposal options from the perspective of global warming and resource recovery. *Science of The Total Environment*, 408(19), 3998–4006. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.049>
- Kodagoda, K., & Marapana, R. (2017). Development of non-alcoholic wines from the wastes of Mauritius pineapple variety and its physicochemical properties. In *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* (Vol. 6, pp. 492–497). <https://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue3/PartH/6-3-39-424.pdf>
- Koriem, K. M. M., Arbid, M. S., & Saleh, H. N. (2019). Antidiarrheal and protein conservative activities of *Psidium guajava* in diarrheal rats. *Journal of Integrative Medicine*, 17(1), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2018.12.001>
- Kumar, J., Alam, I., Kumar, A., Kumar, A., Singh, S. K., Singh, S. P., & Sharma, C. (2024). Sustainable utilization of pineapple fruit waste as a potential source of regenerated cellulose for the development of high-strength paper. *Biomass and Bioenergy*, 182, 107068. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107068>

- Kumar, M., Kapoor, S., Dhumal, S., Tkaczewska, J., Changan, S., Saurabh, V., Mekhemar, M., Radha, Rais, N., Satankar, V., Pandiselvam, R., Sayed, A. A. S., Senapathy, M., Anitha, T., Singh, S., Tomar, M., Dey, A., Zengin, G., Amarowicz, R., & Jyoti Bhuyan, D. (2022). Guava (*Psidium guajava* L.) seed: A low-volume, high-value byproduct for human health and the food industry. *Food Chemistry*, 386, 132694. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132694>
- Kumar, M., Madhumita, M., Prabhakar, P. K., & Basu, S. (2024). Refractance window drying of food and biological materials: Status on mechanisms, diffusion modelling and hybrid drying approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(11), 3458–3481. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2132210>
- Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N., & Chen, J. (2014). Major Polyphenolics in Pineapple Peels and their Antioxidant Interactions. *International Journal of Food Properties*, 17(8), 1805–1817. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.732168>
- Lieb, V. M., Schuster, L. K., Kronmüller, A., Schmarr, H.-G., Carle, R., & Steingass, C. B. (2019). Fatty acids, triacylglycerols, and thermal behaviour of various mango (*Mangifera indica* L.) kernel fats. *Food Research International*, 116, 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.070>
- Lifepack. (2024). *Lifepack - Productos responsables*. <https://lifepack.com.co/>
- Lima, E. M. B., Lima, A. M., Minguita, A. P. S., Rojas dos Santos, N. R., Pereira, I. C. S., Neves, T. T. M., da Costa Gonçalves, L. F., Moreira, A. P. D., Middea, A., Neumann, R., Tavares, M. I. B., & Oliveira, R. N. (2019). Poly(lactic acid) biocomposites with mango waste and organo-montmorillonite for packaging. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(21). <https://doi.org/10.1002/app.47512>
- Lima, R. da S., Ferreira, S. R. S., Vitali, L., & Block, J. M. (2019). May the superfruit red guava and its processing waste be a potential ingredient in functional foods? *Food Research International*, 115, 451–459. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.053>
- Liu, S., Li, Y., Obadi, M., Jiang, Y., Chen, Z., Jiang, S., & Xu, B. (2019). Effect of steaming and defatting treatments of oats on the processing and eating quality of noodles with a high oat flour content. *Journal of Cereal Science*, 89, 102794. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102794>
- Llombart, P. (2013). Alimentos funcionales y protección de los consumidores. Régimen jurídico comunitario y español. *Sección Jurídica*, 38(4). https://www.aesed.com/upload/files/vol-38/n-4/v38n4_6.pdf
- López, J., Castañeda, T., & González, J. G. (2017). Nueva ruralidad y dinámicas de proximidad en el desarrollo territorial de los sistemas agroalimentarios localizados. *Polis (Santiago)*, 16(47), 211–233. <https://doi.org/10.4067/S0718-65682017000200211>

- Lora, S. (2023). Aprovechamiento de la cáscara de *Mangifera indica* L. var. “haden” para la obtención de antioxidantes con potencial uso industrial. *Revista de La Universidad de La Salle*, 1(92). <https://revistauls.lasalle.edu.co/article/view/1839>
- Madrigal, E., & Chavarría, Y. (2020). *Aprovechamiento de la pulpa residual del proceso agroindustrial del café (Coffea Arábica) para el desarrollo de productos alimenticios en cooperativas caficultoras*. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/718260a5-cf71-4797-a5a4-00d7a4f6a61e/content>
- Mala, T., Piayura, S., & Itthivadhanapong, P. (2024). Characterization of dried pineapple (*Ananas comosus* L.) peel powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product. *Future Foods*, 9, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100322>
- Maldonado, M. E., Yahia, E. M., Bedoya, R., Landázuri, P., Loango, N., Aguillón, J., Restrepo, B., & Guerrero Ospina, J. C. (2019). Chemical Composition of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: Nutritional and Phytochemical Compounds. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01073>
- Malini, B., Sunil, C. K., Rawson, A., Vidyalakshmi, R., & Venkatachalapathy, N. (2024). Effect of pineapple core powder on white finger millet vegan probiotic beverage: Nutrition, sensory and storage. *Food Chemistry Advances*, 4, 100593. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100593>
- Manisha, J., Himashree, P., Sengar, A. S., & Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (Pineapple Pomace): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. *Measurement: Food*, 6, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.meafao.2022.100031>
- Mar, W. (2019). Determination of Nutritional Values and Elemental Contents from Guava Fruit. *Yadanabon University Research Journal*, 10(1). <https://oar.ydbu.edu.mm/handle/123456789/277>
- Mardawati, E., Rahmah, D. M., Rachmadona, N., Saharina, E., Pertiwi, T. Y. R., Zahrad, S. A., Ramdhani, W., Srikandace, Y., Ratnaningrum, D., Endah, E. S., Andriani, D., Khoo, K. S., Pasaribu, K. M., Satoto, R., & Karina, M. (2023). Pineapple core from the canning industrial waste for bacterial cellulose production by *Komagataeibacter xylinus*. *Heliyon*, 9(11), e22010–e22010. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22010>
- Marra, A., Manousakis, V., Zervas, G. P., Koutis, N., Finos, M. A., Adamantidi, T., Panoutsopoulou, E., Ofrydopoulou, A., & Tsoupras, A. (2024). Avocado and Its By-Products as Natural Sources of Valuable Anti-Inflammatory and Antioxidant Bioactives for Functional Foods and Cosmetics with Health-Promoting Properties. *Applied Sciences*, 14(14), 5978. <https://doi.org/10.3390/app14145978>

- Martínez, M., Sánchez, A., & Parada, F. (2021). Aprovechamiento de dos subproductos agroindustriales en el desarrollo de un snack rico en fibra dietaria. Universidad Nacional <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81765?show=full>
- Martínez, K., Delgado, A., & Vargas, E. E. (2021). Adopción de tecnologías verdes y su influencia en las prácticas de responsabilidad ambiental. Percepciones de los trabajadores de hoteles. *Estudios Gerenciales*, 532–541. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.161.4071>
- Masibo, M., & He, Q. (2008). Major Mango Polyphenols and Their Potential Significance to Human Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(4), 309–319. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x>
- Medina, E., Guatemala, M., Fernandez, O., Corona, R., Mondragón, P., & Arriola, E. (2017). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y tecno funcionales de subproductos de residuos de mango (mangifera indica, variedad Tommy Atkins)*. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/800>
- Mercado, G., Montalvo, E., Sánchez, J. A., Velázquez, R. M., Álvarez, E., González, G. A., & Sáyo, S. G. (2018). Optimization of β -carotene from ‘ataulfo’ mango (*mangifera indica* L.) by-products using ultrasound-assisted extraction. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 18(3), 1051–1061. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/revmexingquim/2019v18n3/Mercado>
- Mezquitillo, C., Ruiz, B., & Martínez, O. (2015). Desempeño de un Deshidratador Solar Indirecto para el Deshidratado de Tomate Saladette. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*, 6(1). https://www.researchgate.net/publication/279180075_Desempeno_de_un_Deshidratador_Solar_Indirecto_para_el_Deshidratado_de_Tomate_Saladette
- Miano, A. C., & Rojas, M. L. (2024). Drying strategies of spent coffee grounds using refractance window method. *Food Research International*, 178, 114007. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114007>
- Micanquer, A., Cortés, M., & Serna, L. (2020). Formulation of a fermentation substrate from pineapple and sacha inchi wastes to grow *Weissella cibaria*. *Heliyon*, 6(4), e03790–e03790. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03790>
- Mill, R. (2024). Upcycled Ingredients. In *Renewal Mill*. <https://www.renewalmill.com/pages/upcycled-ingredients>
- Minagricultura. (2018). Cadena de aguacate - Indicadores e instrumentos. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2018-08-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

- Minagricultura. (2019). Cadena de la piña. In *Ministerio de agricultura y desarrollo rural*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloras/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20PI%C3%91A.pdf>
- Minagricultura. (2020). Cadena productiva Aguacate. Primer trimestre 2020. In *Ministerio de agricultura y desarrollo rural*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Minagricultura. (2021a). Cadena de aguacate. Primer trimestre 2021. In *Ministerio de agricultura y desarrollo rural*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Minagricultura. (2021b). Cadena de la guayaba. In *Ministerio de Agricultura y desarrollo rural*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Minagricultura. (2021c). *Cadena del mango. Indicadores e instrumentos. Segundo trimestre 2021*.
- Mohammed, H. N., Beeram, E., Divya, B. J., Pallavi, C., Demir, H., Demir, B. B., Polley, T., Ghosh, U., Shiekuma, S., Ukeyima, M., Ahuah Janet, M., Blessing, I., Tughgba, T., Marceline, M. M., Traore, A. S., Denise, B. E., Sheree Aimee, A. B., Marites, G. Y., Recylyn, I. B.-M., ... Khang, D. T. (2020). *Current Research in Agricultural and Food Science* (Dr. K. Mastanjević, Ed.; Vol. 1). Book Publisher International. <https://doi.org/10.9734/bpi/crafs/v1>
- Moneim, B., Mustafa, W., Elhesain, A., & Bukhari, M. (2023). Comparative Study between Different Drying Methods Using Thinlayers of Mango Slices (*Mangifera indica* L.). *Food Technology Research Journal*, 2(2), 101–110. https://ftrj.journals.ekb.eg/article_334165_ad63b01b6164c35b36e2a16fb87feabc.pdf
- Montes, C. F., Mosquera, Ó. M., & Rojas, A. F. (2020). Uso prospectivo de subproductos de frutas en Colombia según su capacidad antioxidante. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(173), 1113–1125. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1241>
- Morais, D. R., Rotta, E. M., Sargi, S. C., Bonafe, E. G., Suzuki, R. M., Souza, N. E., Matsushita, M., & Visentainer, J. V. (2016). Proximate Composition, Mineral Contents and Fatty Acid Composition of the Different Parts and Dried Peels of Tropical Fruits Cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20160178>

- Mora, A., Ramírez, A., Castillo, L., Lopretti, M., & Vega, J. R. (2021). *Persea Americana* Agro-Industrial Waste Biorefinery for Sustainable High-Value-Added Products. *Polymers*, 13(11), 1727. <https://doi.org/10.3390/polym13111727>
- Moreno, C., Paucar, L. M., Chuqui, S. R., & Castro-Zavaleta, V. (2024). Dietary fiber, polyphenols and sensory and technological acceptability in sliced bread made with mango peel flour. *Brazilian Journal of Food Technology*, 27. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07323>
- Muñoz, C., Urrea, G. R., Jiménez, M., Rodríguez, G. D. C., & Luna, G. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52(1), 1–13. https://www.researchgate.net/publication/335031233_Efecto_de_las_condiciones_de_liofilizacion_en_propiedades_fisicoquimicas_contenido_de_pectina_y_capacidad_de_rehidratacion_de_rodajas_de_ciruela_Spondias_purpurea_L
- Muyonga, J. H., Natocho, J., Kigozi, J., Baidhe, E., & Nansereko, S. (2022). Drying behaviour and optimization of drying conditions of pineapple puree and slices using refractance window drying technology. *Journal of Food Science and Technology*, 59(7), 2794–2803. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05302-2>
- Mwaurah, P. W., Kumar, S., Kumar, N., Panghal, A., Attkan, A. K., Singh, V. K., & Garg, M. K. (2020). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and industrial applications of mango kernel and its products: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2421–2446. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12598>
- Naeem, A., Shabbir, M. A., Khan, M. R., Ahmad, N., & Roberts, T. H. (2019). Mango Seed Kernel Fat as a Cocoa Butter Substitute Suitable for the Tropics. *Journal of Food Science*, 84(6), 1315–1321. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14614>
- Naseer, S., Hussain, S., Naeem, N., Pervaiz, M., & Rahman, M. (2018). The phytochemistry and medicinal value of *Psidium guajava* (guava). *Clinical Phytoscience*, 4(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40816-018-0093-8>
- Neeharika, T. S. V. R., Anjaneyulu, B., Rani, K. N. P., Sandeepa, K., & Satyannarayana, S. (2024). Mathematical modelling for sustainable extraction of oil from rice bran, safflower seeds and flaxseeds employing supercritical carbon dioxide at pilot scale: An insight to comprehensive physico-chemical analysis. *Separation and Purification Technology*, 342, 127007. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.127007>
- Neela, E., Sao, K., & Kaushik, A. (2019). Bioactive Compounds, Antioxidant properties, and Metal Content Studies of Guava Fruit by-products for Value Added Processing. *Brazilian Journal Of Analytical Chemistry*, 0(00), 1–11. <https://brjac.com.br/pdf/forthcoming-papers/BrJAC-2019AR01.pdf>

- Nguyen, T. V. L., Nguyen, Q. D., & Nguyen, P. B. D. (2022). Drying Kinetics and Changes of Total Phenolic Content, Antioxidant Activity and Color Parameters of Mango and Avocado Pulp in Refractance Window Drying. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 72(1), 27–38. <https://doi.org/10.31883/pjfn/144835>
- Nindo, C. I., Powers, J. R., & Tang, J. (2007). Influence of Refractance Window evaporation on quality of juices from small fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 40(6), 1000–1007. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.07.006>
- Niva, M., & Mäkelä, J. (2007). Finns and functional foods: socio-demographics, health efforts, notions of technology and the acceptability of health-promoting foods. *International Journal of Consumer Studies*, 31(1). <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2005.00482.x>
- Noce, A., Di Lauro, M., Di Daniele, F., Pietroboni Zaitseva, A., Marrone, G., Borboni, P., & Di Daniele, N. (2021). Natural Bioactive Compounds Useful in Clinical Management of Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 13(2), 630. <https://doi.org/10.3390/nu13020630>
- Noor, T. (2018). *Comparative Studies on Properties of Mango Seed Kernel Flour, Wheat Flour and Their Blends for Biscuit Production*. <http://dspace.cvasu.ac.bd/bitstream/123456789/151/1/final%20copy-converted.pdf>
- Nyakang'i, C. O., Ebere, R., Marete, E., & Arimi, J. M. (2023). Avocado production in Kenya in relation to the world, Avocado by-products (seeds and peels) functionality and utilization in food products. *Applied Food Research*, 3(1), 100275. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100275>
- Nyakang'i, C. O., Marete, E., Ebere, R., & Arimi, J. M. (2023). Physicochemical Properties of Avocado Seed Extract Model Beverages and Baked Products Incorporated with Avocado Seed Powder. *International Journal of Food Science*, 2023, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/6860806>
- Obboh, G., Isaac, A. T., Ajani, R. A., & Akinyemi, A. J. (2014). Inhibition of Key Enzymes Linked to Type 2 Diabetes and Sodium Nitroprusside Induced Lipid Peroxidation in Rats' Pancreas by Phenolic Extracts of Avocado Pear Leaves and Fruit. *International Journal of Biomedical Science*, 10(3), 208–216. <https://doi.org/10.59566/IJBS.2014.10208>
- Ogbuagu, A., Ukachukwu, C., & Okoye, C. (2021). Proximate, elemental composition and antimicrobial analysis of avocado (*Persea Americana*) Seed. *Journal of Bio Innovation*, 10(4), 1 & #39;35-1043. https://www.jbino.com/docs/Issue04_10_2021.pdf
- Okibe, F., hwok, D., Saidu, A., Ogah, E., Echioda, S., Aju, A., Adagayi, M., Burbwa, V., Otanwa, E., Omotehinwa, H., Itodo, D., & Adoga, S. (2023). Proximate, mineral, and antinutrient composition of avocado (*Persea Americana*) Seeds and peel). *FUW Trends*

- in Science & Technology Journal*, 8(2), 347–351.
<https://www.ftstjournal.com/uploads/docs/82%20Article%2055%20pp%20347-351.pdf>
- Olagnero, G., Carolina, G., Irei, V., Macenado, J., & Bendersky, S. (2007). Alimentos funcionales: Conceptos, definiciones y marco legal. *Grupo de Estudio Sobre Alimentos Funcionales*.
https://www.researchgate.net/publication/259802369_Alimentos_funcionales_Conceptos_Definiciones_y_Marco_Legal
- Oliveros, C., Ramírez, C., Sanz, J., Peñuela, A., & Pabón, J. (2013). Secado solar y secado mecánico del café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano. : : *Investigación y Tecnología Para La Sostenibilidad de La Caficultura*, 3, 49–80.
https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4345/1/cenbook-0026_29.pdf
- Oliver, R., Labrador, L., Díaz, M. C., Pérez, M. S., & Alañón, M. E. (2021). Comprehensive research on mango by-products applications in food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.024>
- Ordóñez, L. E., Pinzón, L. X., & González, L. O. (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 560–566. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.04.010>
- Ortega, E., Martínez, E. A., Hernández, G., Ortega I. H., Valencia, C., & López, S. (2021). Bases bromatológicas de Mangifera indica L. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 7(14), 19–23. <https://doi.org/10.29057/icap.v7i14.7254>
- Ortiz, M. J., & Ochoa Martínez, C. I. (2018). Efecto de las condiciones del hidrosecado sobre el encogimiento de trozos de zapallo (*cucurbita maxima*). *ingeniería y competitividad*, 20(2), 37. <https://doi.org/10.25100/iyec.v20i2.5809>
- Oyebola, O., Mercy, S., & Oladimeji, D. (2022). Evaluating the effect of Varying Drying Air Temperatures on Quality Attributes of Avocado (*Persea Americana*) Peels. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7(5). https://ijeab.com/upload_document/issue_files/11IJEAB-109202217-Evaluating.pdf
- Pardo, M. E. S., Cassellis, M. E. R., Escobedo, R. M., & García, E. J. (2014). Chemical Characterisation of the Industrial Residues of the Pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 03(02), 53–56. <https://doi.org/10.4236/jacen.2014.32B009>
- Parvulescu, O. C., Isopencu, G., Busuioc, C., Raducanu, C., Mocanu, A., Deleanu, I., & Stoica-Guzun, A. (2021). Antimicrobial bacterial cellulose composites as textile materials. In *Antimicrobial Textiles from Natural Resources* (pp. 513–556). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821485-5.00013-5>

- Pastora, W. (2019). Evaluación del efecto que ejerce el consumo de beta-glucanos (*avena sativa* L.) como tratamiento complementario de personas con diabetes mellitus tipo 2 en la ciudad de Choluteca. https://www.researchgate.net/publication/330618695_Evaluacion_del_efecto_que_ejerce_el_consumo_de_b-glucanos_de_avena_Avena_sativa_L_como_tratamiento_complementario_en_personas_con_diabetes_mellitus_tipo_2_en_la_Ciudad_de_Choluteca_octubre-noviembre_d
- Patel, P., Ellis, K., Sunkara, R., Shackelford, L., Ogutu, S., T. Walker, L., Herring, J., & Verghese, M. (2016). Development of a Functional Food Product Using Guavas. *Food and Nutrition Sciences*, 07(10), 927–937. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.710092>
- Paucar, C. Y. (2018). Microencapsulamiento para la obtención de polvo a partir del subproducto de mango (*Mangifera indica*) [Trabajo de titulación. *Repositorio Institucional UTPL*. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/23366>
- Paz, S. L., Ascacio, J. A., Aguilar, C. N., Cadena, E., Serna, L., Aguilar, M. A., Ramírez, N., & Torres, C. (2023). Bioprocessing of pineapple waste for sustainable production of bioactive compounds using solid-state fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103313. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103313>
- Pérez, L. F., Manrique, A. J., Torres, A. T., Yauri, D. R., Romo, J. J., & Casimiro, E. M. (2020). Efecto de dos metodologías de secado de rodajas de piña (*Ananas comosus*) sobre el contenido nutricional. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 18(2), 5–24. <https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.317>
- Perez, K. A., Guemes, N., Bernardino, A., Gonzalez, L., Hernandez, J. P., & Totosa S, A. (2015). Fortification of White Bread with Guava Seed Protein Isolate. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14(11), 828–833. <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.828.833>
- Piltonen, P., Hildebrandt, N. C., Westerlind, B., Valkama, J.-P., Tervahartiala, T., & Illikainen, M. (2016). Green and efficient method for preparing all-cellulose composites with NaOH/urea solvent. *Composites Science and Technology*, 135, 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.09.022>
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A.-S., Bourvellec, C. Le, Renard, C. M. G. C., & Chemat, F. (2012). Lab and pilot-scale ultrasound-assisted water extraction of polyphenols from apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.026>
- Pires, J. B., Santos, F. N. dos, Cruz, E. P. da, Fonseca, L. M., Siebeneichler, T. J., Lemos, G. S., Gandra, E. A., Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2024). Starch extraction from avocado by-product and its use for encapsulation of ginger essential oil by electrospinning. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127617. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127617>

- Plaitho, Y., Aikkarach, A., Sriprapai, H., Kettawan, A. K., & Kooprasertying, P. (2024). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of the Extract and Bioaccessible Fraction of Mango Peel in Muffins. *Food Technology and Biotechnology*, 62(2), 242–253. <https://doi.org/10.17113/ftb.62.02.24.8258>
- Płoska, J., Garbowska, M., Pluta, A., & Stasiak-Róžańska, L. (2023). Bacterial cellulose – Innovative biopolymer and possibilities of its applications in dairy industry. *International Dairy Journal*, 140, 105586. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105586>
- Polanía, A. M., Londoño, L., Ramírez, C., Bolivar, G., & Aguilar, C. N. (2023). Valorization of pineapple waste as novel source of nutraceuticals and biofunctional compounds. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 3593–3618. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02811-8>
- Pratama, F. (2022). Green Technology in Food Processing: Creating a Better Future for the Next Generation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 995(1), 12014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/995/1/012014>
- Pulido, V. C., Insuasty, O. I., Sarmiento, Z. X., & Durán, J. R. (2019). Guava borer worm (Lepidoptera: Cossidae), a limiting pest in guava: biology, lifecycle and management alternatives. *Heliyon*, 5(2), e01252–e01252. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01252>
- Quintero, A., Sanabria, N., & Pérez, L. (2019). Caracterización de cubos de guayaba (Psidium guajava L.) osmodeshidratados para la industria de los alimentos. *Revista de Ciencia y Tecnología Agrollania*, 17. <https://biblat.unam.mx/hevila/Agrollania/2019/vol17/1.pdf>
- Quintero, C., Ortiz, D., Murcia, J., Villaseñor, E., & Ardila, A. (2022). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales de la piña*. <https://www.politecnicojic.edu.co/images/downloads/investigacion/grupos/camer/productos/aprovechamiento-de-residuos-agroindustriales-pina.pdf>
- Quintero, S., García, A., Botello, J., Estrada, A., Abel, J., Padilla, A., & Rivas, P. (2021). The use of broccoli agro-industrial waste in dairy cattle diet for environmental mitigation. *Cleaner Environmental Systems*, 2. <https://hal.science/hal-04095183/document>
- Raghavi, L. M., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2018). Refractance window drying of foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 222, 267–275. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.032>
- Ramirez, K., Rurush, E., Silva, L., & Rojas, M. L. (2024). Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from blueberry (*Vaccinium corymbosum*) peel var. Emerald and var. Ventura. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology . <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.358>

- Ramírez, V. M., Montoya Salazar, M., Serna Posada, M., & Betancur Hoyos, E. D. (2022). Semilla de guayaba y potencial agroindustrial como aporte nutricional en productos panificables incluyendo economía circular. *Revista Sennova: Revista Del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*. <https://doi.org/10.23850/23899573.5436>
- Ramírez, L. J., Villaruel, A., Villagrán, Z., & Anaya, L. M. (2022). Residuos alimenticios: fuente de componentes bioactivos para la elaboración de alimentos funcionales. *Acta de Ciencia En Salud*, 6(16), 17–26. <https://doi.org/10.32870/acs.v0i16.108>
- Ramón, C., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), e1822–e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Ramos, E., Romero, J., Warnberg, J., & Marcos, A. (2007). ¿Más que alimentos? *Alimentos Funcionales. Aproximación a Una Nueva Alimentación*, 238. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009703.pdf>
- Rangel mena, V. (2018). Valorización de un subproducto del procesamiento agroindustrial de guayaba (*Psidium guajava*) mediante la extracción de compuestos antioxidantes (Polifenoles y carotenoides). <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5980/1/43318.pdf>
- Rani, P., Verma, V., kumar, S., & Bhatia, M. (2024). Isolation, characterization and evaluation of pineapple crown waste nanofiber gel entrapping ampicillin in topical bacterial infections. *Iranian Polymer Journal*. <https://doi.org/10.1007/s13726-024-01277-x>
- Ravindra, R., & Subhajit, R. (2021). Green Extraction Of Polyphenolics As Potential Bioactive Components From Pineapple Skin: A Review. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 12(2), 113. [https://www.rjpbcs.com/pdf/2021_12\(2\)/\[18\].pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2021_12(2)/[18].pdf)
- Razola, M. del C., Verardo, V., Guerra, E. J., García Ruiz, B., & Gómez, A. M. (2023). Response Surface Methodology for the Optimization of Flavan-3-ols Extraction from Avocado By-Products via Sonotrode Ultrasound-Assisted Extraction. *Antioxidants*, 12(7), 1409. <https://doi.org/10.3390/antiox12071409>
- Rincón, M. (2021a). Proceso de producción del aguacate Hass en Colombia y sus impactos en la distribución física internacional. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38937/RinconGomezMichaeIEduardo2021.pdf>
- Rivero, S. L., Cañizares, L., Dannenberg, B., Peres, B. B., Rodrigues, L. A., Mardade, C., de Leon, M. A., Gaioso, C. A., Egea, I., & de Oliveira, M. (2024). Sustainable rice bran protein: Composition, extraction, quality properties and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 145, 104355. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104355>

- Robalino, C. (2024). Evaluación de la influencia del índice de madurez, tipo de conservante y modo de envasado sobre la vida útil de la pasta de aguacate. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15680/2/03%20EIA%20633%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Roda, A., De Faveri, D. M., Giacosa, S., Dordoni, R., & Lambri, M. (2016). Effect of pre-treatments on the saccharification of pineapple waste as a potential source for vinegar production. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4477–4484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.019>
- Rodríguez, E., Herrero, C., Sánchez, M., Olmedilla, B., Sánchez, C & de Ancos, B. (2024). Sustainable extraction methods of carotenoids from mango (*Mangifera indica* L. 'Kent') pulp: Ultrasound assisted extraction and green solvents. *Food Chemistry*, 450, 139253. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139253>
- Rojas F, A., Flórez, C., & López F, D. (2019). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Revista Cubana de Química*, 31(1), 31–52. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212019000100031&lng=es&tlng=es.
- Romero, M. G., Martínez, E., Hernández, A., Vallejo, B., González, A. F., Montalvo, E., & García, M. de L. (2020). Bromelia karatas and Bromelia pinguin: sources of plant proteases used for obtaining antioxidant hydrolysates from chicken and fish by-products. *Applied Biological Chemistry*, 63(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00525-x>
- Romero, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Tecnológicas*, 25(54), e2505–e2505. <https://doi.org/10.22430/22565337.2505>
- Prieto, D. R., Fabelo, D. R., Pulido, M., & Hernández, U. (2003). *Tecnologías Verdes como herramienta potenciadora de la Gestión Ambiental*. <http://caelum.ucv.ve/handle/10872/18795>
- Roselló, E., Galanakis, C. M., Brnčić, M., Orlén, V., Trujillo, F. J., Mawson, R., Knoerzer, K., Tiwari, B. K., & Barba, F. J. (2015). Clean recovery of antioxidant compounds from plant foods, by-products and algae assisted by ultrasounds processing. Modeling approaches to optimize processing conditions. *Trends in Food Science & Technology*, 42(2), 134–149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.01.002>
- Rosero, M. (2018). Comparación de técnicas de secado de ventana refractiva y convección forzada en frutas tropicales. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4188>
- Rotta, E. M., Morais, D. R. de, Biondo, P. B. F., Santos, V. J. dos, Matsushita, M., & Visentainer, J. V. (2015). Use of avocado peel (*Persea americana*) in tea formulation: a functional product containing phenolic compounds with antioxidant activity. *Acta Scientiarum. Technology*, 38(1), 23. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i1.27397>

- Rozo, S., González, A., & Villamizar, J. (2016). Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña. *Revista NOVA*, 2, 50. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/620>
- Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., Toledo, L., Enrione, J., & Galvez, L. (2017). Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering*, 198, 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.018>
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 512–531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Sagarpa. (2017). Piña Mexicana. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257084/Potencial-Pi_a.pdf
- Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. N. (2016). Effect of pineapple waste powder on probiotic growth, antioxidant and antimutagenic activities of yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1698–1708. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2100-0>
- Salazar, N. J., Domínguez, J. A., Yahia, E. M., Belmonte, B. H., Wall, A., Montalvo, E., & González, G. A. (2020). Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 138, 109774. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>
- Saldaña, P., Bastida, S., Macho, A., Sánchez, F. J., Saldaña, P., Bastida, S., Macho, A., & Sánchez, F. J. (2020). Alimentos funcionales como alternativa para incrementar la ingesta de fibra dietética y proantocianidinas. Posibles efectos sobre la microbiota intestinal. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(12), 1575–1598. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3990>
- Sanz, E. S., Dix, D., Robayo, A., Bernal, O., & Carrillo, J. (2021). Use of mango seed almonds to obtain pastry oil. *Revista de La Facultad de Agronomía, Universidad Del Zulia*, 38(2), 404–420. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n2.10](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n2.10)
- Sato, S., Hondoh, H., & Ueno, S. (2021). Fat Bloom Caused by Partial De-Oiling on Chocolate Surfaces after High-Temperature Exposure. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98(3), 269–280. <https://doi.org/10.1002/aocs.12447>
- Saval, S. (2016). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14–16. https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_n2.pdf

- Segovia, F., Sánchez, S., Iradi, M., Azman, N., & Almajano, M. (2014). Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. *Antioxidants*, 3(2), 439–454. <https://doi.org/10.3390/antiox3020439>
- Selani, M. M., Brazaca, S. G. C., dos Santos Dias, C. T., Ratnayake, W. S., Flores, R. A., & Bianchini, A. (2014). Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food Chemistry*, 163, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.076>
- Serc. (2020). Manual de construcción y uso: Secador solar. <https://ayllusolar.cl/wp-content/uploads/2021/01/03-Manual-Secador-Solar-1.pdf>
- Serrato, J. L., Beltrán, M. A., & Zapata, Y. M. (2022). Caracterización físicoquímica de la grasa en la semilla de variedades nativas de mango (*Mangifera indica*), en Tolima - Colombia. In *Producción científica en ciencias biológicas 2* (pp. 59–71). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.5412227056>
- Shah, K. A., Patel, M. B., Patel, R. J., & Parmar, P. K. (2010). *Mangifera Indica* (Mango). *Pharmacognosy Reviews*, 4(7), 42. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.65325>
- Sharma, M., Vidhya, C. S., Ojha, K., Yashwanth, B. S., Singh, B., Gupta, S., & Pandey, S. K. (2024). The Role of Functional Foods and Nutraceuticals in Disease Prevention and Health Promotion. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 16(2), 61–83. <https://doi.org/10.9734/ejnf/2024/v16i21388>
- Shende, D., & Datta, A. K. (2020). Optimization study for refractance window drying process of Langra variety mango. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 683–692. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04101-0>
- Silva, J. B. M. D., Paiva, M. T. P., Pavanello, A. C. L., Mantovan, J., & Mali, S. (2022). Fiber-rich ingredients obtained from agroindustrial residues through combined hydrothermal-chemical processes. *Food Chemistry Advances*, 1, 100149. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100149>
- Silva, T. V. B. D. A., Iwassa, I. J., Sampaio, A. R., Ruiz, S. P., & Barros, B. C. B. (2021). Physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of juice produced with guava pulp and peel flour. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 93(4). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191175>
- Singh, P. M. K., Dhar, P., Bhagya Raj, G. V. S., & Deka, S. C. (2022). Effect of ultrasound assisted extraction of dietary fiber from pineapple peel and its application with anthocyanin rich black rice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17111>

- Siol, M., & Sadowska, A. (2023). Chemical Composition, Physicochemical and Bioactive Properties of Avocado (*Persea americana*) Seed and Its Potential Use in Functional Food Design. *Agriculture*, 13(2), 316. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020316>
- Sridhar, R., V., Prince, V., & Prakash, J. (2011). Treatment of pulp and paper industry bleaching effluent by electrocoagulant process. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2–3), 1495–1502. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.028>
- Sukirah, A., M., S., H.Z., U., Koh, S. P., & Shukor, M. Y. A. (2023). Local pineapple waste as potential bio-ingredient. *Food Research*, 6(Supplementary 3), 35–44. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(S3\).002](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(S3).002)
- Sumaya, M. T., Medina, R. E., González, E., Jiménez, E. I., Valois, R., Sánchez, L. M., & López, G. (2019). Subproductos del despulpado de mango (*Mangifera indica* L.): actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tres cultivares de mango. *Revista de Bio Ciencias*, 6, 1–20. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e560>
- Tafere, A. (2021). Extraction and Characterization of Oil from Avocado Peels. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 15(2). https://www.researchgate.net/profile/Tafere-Bullo/publication/349345196_Extraction-and-Characterization-of-Oil-from-Avocado-Peels/links/602cac3d92851c4ed579183f/Extraction-and-Characterization-of-Oil-from-Avocado-Peels.pdf
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I., Kachrimanidou, V., Bosnea, L., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients*, 11(7), 1591. <https://doi.org/10.3390/nu11071591>
- Thilakarathna, R. C. N., Siow, L. F., Tang, T.-K., & Lee, Y. Y. (2023). A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. *Journal of Food Science and Technology*, 60(4), 1222–1236. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05359-7>
- Tirado-, D. F., Acevedo-Correa, D., & Montero-Castillo, P. M. (2016). Secado de rodajas de fruto del árbol del pan mediante la técnica de Ventana Refractiva®. *TecnoLógicas*, 19(36), 103. <https://doi.org/10.22430/22565337.591>
- Torkamani, A. E., Juliano, P., Ajlouni, S., & Singh, T. K. (2014). Impact of ultrasound treatment on lipid oxidation of Cheddar cheese whey. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(3), 951–957. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.11.021>
- Triviño Pineda, J. S., Reyes, C. Y., & Sánchez Ramírez, J. E. (2021). Subproductos generados en el tratamiento y valorización de residuos sólidos urbanos dentro del concepto de biorrefinería: una revisión sistemática. *Ingeniería y Región*, 25, 60–74. <https://doi.org/10.25054/22161325.2783>

- Trujillo, J. (2021). *Caracterización de los residuos generados en el proceso de deshidratación de tres tipos de frutas*. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/15532/1/27T00485.pdf>
- Uchôa, A. M. A., Sousa, E. C., Carioca, J. O. B., Morais, S. M. De, Lima, A. De, Martins, C. G., Alexandrino, C. D., Ferreira, P. A. T., Rodrigues, A. L. M., Rodrigues, S. P., Thomaz, J. C. D. A., Silva, J. D. N., & Rodrigues, L. L. (2014). Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds of guava seeds (*Psidium guajava* L.). *Food Science and Technology*, 34(3), 485–492. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6339>
- Uniminuto. (2024). *Visita técnica a Fibrense*. <https://www.uniminuto.edu/noticias/estudiantes-de-uniminuto-realizan-visita-tecnica-em-presa-fibrense-sas>
- Unisabana. (2024). Desde aceite y probióticos en polvo, estos son algunos de los ingredientes que han inventado ingenieros colombianos. In *Universidad de la Sabana*. <https://www.unisabana.edu.co/portaldenoticias/al-dia/desde-aceite-y-probioticos-en-polvo-estos-son-algunos-de-los-ingredientes-que-han-inventado-ingenieros-colombianos/>
- Universidad de Alicante. (2024). Un nuevo material activo a partir de corazones de piña alarga la vida de productos cárnicos en un 15 %. In *Universidad de Alicante*. <https://web.ua.es/es/actualidad-universitaria/2024/enero2024/22-31/un-nuevo-material-activo-a-partir-de-corazones-de-pina-alarga-la-vida-de-productos-carnicos-en-un-15.html>
- Valencia, S., Arceo, S., Bricio, J., Bricio, E., Fonseca, A., Moreno, J., & García, L. (2023). Análisis de las ventajas de prototipos de secadores solares para la deshidratación de alimentos de origen vegetal. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*, 15(2). https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/05/2_61_retroalimentacion-para-revisor-analisis-de-las-ventajas-de-prototipos-de-secadores-solares-para-la-deshidratacion-de-alimentos-de-origen-vegetal_.pdf
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Varo, M. A., Jacotet-Navarro, M., Serratosa, M. P., Mérida, J., Fabiano-Tixier, A.-S., Bily, A., & Chemat, F. (2019). Green Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidant Phenolic Compounds Determined by High Performance Liquid Chromatography from Bilberry (*Vaccinium Myrtillus* L.) Juice By-products. *Waste and Biomass Valorization*, 10(7), 1945–1955. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0207-z>
- Velazco, V., Bernal, A., Ordoñez, L., & Hleap, J. (2020). Caracterización del epicarpio de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa natural para uso en productos alimenticios procesados. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 26. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(18\)26-36](https://doi.org/10.18684/BSAA(18)26-36)

- Villada, C., Alzate, G., & Murillo, A. (2005). Estudio de factibilidad para la formación de una empresa procesadora de residuos agroindustriales. <https://core.ac.uk/download/pdf/344725265.pdf>
- Villanueva, M. (2020). Revisión de Literatura: Alimentos funcionales en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles y propuesta de elaboración de chocolate funcional en la EAP, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/items/824e0e1d-bf7f-46c4-bc64-148b684017b8>
- Villarán, M., Chávarri, M., Dietrich, T., & Rodríguez, E. (2018). *Subproductos hortofrutícolas para una bioeconomía circular*. Bioeconomía y desarrollo sostenible. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6648780>
- Vinha, A., Souza, C., Soares, M., & Barreira, S. (2020). Avocado and Its By-products: Natural Sources of Nutrients, Phytochemical Compounds and Functional Properties. *Current Research in Agricultural and Food Science*, 1. <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/8964>
- Viola, E., Buzzanca, C., Tinebra, I., Settanni, L., Farina, V., Gaglio, R., & Di Stefano, V. (2023). A Functional End-Use of Avocado (cv. Hass) Waste through Traditional Semolina Sourdough Bread Production. *Foods*, 12(20), 3743. <https://doi.org/10.3390/foods12203743>
- Vizzotto, M., Pereira, E. dos S., Vinholes, J. R., Munhoz, P. C., Ferri, N. M. L., Castro, L. A. S. de, & Krolow, A. C. R. (2017). Physicochemical and antioxidant capacity analysis of colored sweet potato genotypes: in natura and thermally processed. *Ciência Rural*, 47(4). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151385>
- Vučurović, D., Bajić, B., Trivunović, Z., Dodić, J., Zeljko, M., Jevtić-Mučibabić, R., & Dodić, S. (2024). Biotechnological Utilization of Agro-Industrial Residues and By-Products—Sustainable Production of Biosurfactants. *Foods*, 13(5), 711. <https://doi.org/10.3390/foods13050711>
- Xu, J., Xiao, S., Wang, J., Wang, B., Cai, Y., & Hu, W. (2023). Comparative study of the effects of ultrasound-assisted alkaline extraction on black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae protein: Nutritional, structural, and functional properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 101, 106662. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106662>
- Yu, X., Li, S., Peng, S., Tao, L., & Hu, F. (2024). Optimization of ultrasound-assisted extraction of fatty acids from royal jelly and its effect on the structural and antioxidant property. *Ultrasonics Sonochemistry*, 104, 106802. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106802>
- Zaldivar-Ortega, A. K., Barrera-Jiménez, J. A., Cenobio-Galindo, A. de J., Pérez-Soto, E., Franco-Fernández, M. J., & Campos-Montiel, R. G. (2023). Potencial uso de la cáscara y semilla de aguacate como fuente de compuestos bioactivos con actividades

funcionales para un desarrollo sustentable. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 9(18), 30–33. <https://doi.org/10.29057/icap.v9i18.9058>

Zampar, G. G., Zampar, I. C., Beserra da Silva de Souza, S., da Silva, C., & Bolanho Barros, B. C. (2022). Effect of solvent mixtures on the ultrasound-assisted extraction of compounds from pineapple by-product. *Food Bioscience*, 50, 102098. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102098>

Zu, E. K. H. J., Phalan, B., Green, R. E., & Balmford, A. (2016). Reducing the land use of EU pork production: where there's swill, there's a way. *Food Policy*, 58, 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.001>