



Evaluación tecno funcional del mesocarpio de Cocos Nucifera L para aplicaciones agroindustriales

Techno functional evaluation of the mesocarp of Cocos nucifera L for agro-industrial application

Luis Zúñiga Moreno

*Universidad Agraria del Ecuador
Ecuador*

lzúñiga@uagraria.edu.ec

https://orcid.org/0000-0002-1143-9022

Daniela Chilán Carrasco

*Universidad Agraria del Ecuador
Ecuador*

dchilan@uagraria.edu.ec

https://orcid.org/0009-0005-2000-5049

Ana Arellano Arcentales

*Universidad Agraria del Ecuador
Ecuador*

aarellano@uagraria.edu.ec

https://orcid.org/0009-0006-5606-411X

Doris Guilcamaigua Anchatuña

*Universidad Agraria del Ecuador
Ecuador*

dguilcamaigua@uagraria.edu.ec

https://orcid.org/0009-0007-6959-3288

Recibido: 30 de enero 2026

Aceptado: 18 de mayo 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.centros.v15n2.a9319>





Resumen

Cocos nucifera L., originaria de los trópicos costeros del indo-pacífico y de las Américas, es una palmera perenne perteneciente a la familia Arecaceae. Su uso tradicional está centrado en la explotación de sus frutos; sin embargo, alrededor del 35% de su fracción fibrosa es desechada. Estos residuos contienen diversos compuestos con propiedades biológicas que mejoran características funcionales, nutricionales y organolépticas en los alimentos. Este estudio caracterizó las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y microbiológicas del mesocarpio de coco. Las muestras fueron deshidratadas y pulverizadas hasta obtener una matriz seca, se analizaron parámetros fisicoquímicos, tecnológicos y microbiológicos que permitieron identificar su composición y propiedades funcionales. El mesocarpio de coco constituye una matriz estable, de baja humedad. Sus propiedades funcionales muestran una capacidad de absorción y retención de agua y aceite significativa, además de resistencia a la disolución total en medios acuosos. El perfil microbiológico del mesocarpio cumple con los límites establecidos en la norma NTE INEN 616:2015 demostrando que es un ingrediente inocuo. Estos hallazgos destacan el potencial de esta materia prima para el desarrollo de alimentos funcionales, contribuyendo así a la valorización de este subproducto agrícola.

Palabras clave: Biocompuesto, fibra natural, materia prima, propiedad funcional, residuo orgánico.

Abstract

Cocos nucifera L., native to the coastal tropics of the Indo-Pacific and the Americas, is a perennial palm tree belonging to the Arecaceae family. Its traditional use is focused on the exploitation of its fruit; however, around 35% of its fibrous fraction is





discarded. This waste contains various compounds with biological properties that improve the functional, nutritional, and organoleptic characteristics of foods. This study characterized the physicochemical, technological, and microbiological properties of coconut mesocarp. The samples were dehydrated and pulverized to obtain a dry matrix, and physicochemical, technological, and microbiological parameters were analyzed to identify their composition and functional properties. Coconut mesocarp is a stable, low-moisture matrix. Its functional properties show significant water and oil absorption and retention capacity, as well as resistance to total dissolution in aqueous media. The microbiological profile of the mesocarp complies with the limits established in the NTE INEN 616:2015 standard, demonstrating that it is a safe ingredient. These findings highlight the potential of this raw material for the development of functional foods, thus contributing to the valorization of this agricultural by-product.

Keywords: Biocomposite, natural fiber, raw material, functional property, organic waste.

Introducción

Cocos nucifera L., identificado coloquialmente como coco o cocotero, es una palmera perenne monocotiledónea perteneciente a la familia Arecaceae (Vieira et al., 2024). Es originaria de las regiones tropicales del Indo-Pacífico y de las Américas (Arumugam y Hatta, 2022). El fruto de *Cocos nucifera* L., es una drupa compuesta por el exocarpio (capa externa), mesocarpio (fibra), endocarpio (capa dura) y endospermo(copra) (Mat et al., 2022). Su uso tradicional está centrado en el endospermo, del cual se obtienen productos comestibles como el agua de coco, pulpa, harina y aceite. No obstante, otras partes fibrosas de la planta, como el tallo





y las hojas, son utilizadas como materia prima en diversas áreas, otorgándole importancia económica y cultural.

Pese a los múltiples beneficios de este fruto, alrededor del 35% de la fracción fibrosa (mesocarpio) es desechada en vertederos sanitarios, fuentes hídricas o incinerada a cielo abierto. Estas prácticas además de impactar negativamente en el medio ambiente generan desfases económicos para los productores (Elroi et al., 2023; San Andrés et al., 2023).

Estos residuos constituyen una fuente subutilizada de compuestos biológicos con características funcionales (García-Mahecha et al., 2023). Investigaciones previas destacan que su composición abundante en fibra dietética, compuestos fenólicos (Shen et al., 2023), proteínas (Bajić et al., 2022), carbohidratos rígidos como almidón, celulosa, hemicelulosa y lignina (Ahmad Khorairi et al., 2023) contienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Leliana et al., 2022) que pueden ser utilizadas para el desarrollo y reformulación de alimentos.

El mesocarpio de coco se ha utilizado como biomaterial en la fabricación de geotextiles, materiales para la construcción, sustratos agrícolas y artesanías (González-Delgado et al., 2022; Singh et al., 2022). Sin embargo, su composición lignocelulósica exhibe propiedades tecnológicas que podrían emplearse en sistemas alimentarios que requieran mejorar fenómenos fisicoquímicos, reológicos y microbiológicos, además de potencial su perfil nutricional y vida útil (Kannan et al., 2024).

Esta investigación caracterizó las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y microbiológicas del mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.). Permitiendo recopilar evidencia sobre el perfil tecno funcional del mesocarpio y su posible aplicación en





alimentos, contribuyendo a su valorización en el marco de la sostenibilidad y la reducción del impacto medioambiental asociados a este residuo.

Materiales y Métodos

Los ejemplares de *Cocos nucifera* L., fueron recolectados en zonas productoras ubicadas en el cantón Portoviejo, Manabí, Ecuador. Se transportaron bajo condiciones específicas de temperatura ($5\pm 1^{\circ}\text{C}$) hasta el laboratorio de Química de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Agraria del Ecuador. La higienización de los frutos se realizó por método de inmersión en una tina con una solución de ácido peracético a 40 ppm por al menos 2 minutos, luego se enjuagaron y secaron con toallas de papel absorbente. Posterior a ello, las muestras se fraccionaron en trozos de 2 cm cada uno, para ser deshidratadas en un horno deshidratador de alimentos (Biochef, China) a 55°C por 16 horas hasta que alcanzaron peso constante.

Las muestras deshidratadas se pulverizaron en un molino eléctrico (Ririhong, China) a 25000 rpm durante 5 minutos. Se empleó un tamiz de <250 micras, para obtener un material particulado homogéneo, ver Figura 1. El material pulverulento se esterilizó en autoclave a 121°C durante 20 minutos y se envasó en bolsas de polietileno grado alimenticio selladas y almacenadas a $4\pm 1^{\circ}\text{C}$.



Figura 1

Etapas de procesamiento del mesocarpio de Cocos nucifera L.



A: recolección de ejemplares de mesocarpio de *Cocos nucifera* L.; B: Fraccionamiento del mesocarpio de *Cocos nucifera* L.; C: Muestra de mesocarpio de *Cocos nucifera* L. pulverizada

La caracterización fisicoquímica del pulverizado empleó los métodos estandarizados establecidos por (Association of Official Agriculture Chemists [AOAC], 2012). Método AOAC 943.02 para determinación de pH, método AOAC 925.10 para determinar humedad en alimentos empleando la ecuación 1, método AOAC 923.03 para cenizas según la ecuación 2, método AOAC 995.19 extracción ácida de grasas con éter Mojonnier, método AOAC 978.10 para fibra cruda empleando la ecuación 3.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra (g)} - \text{Peso de la muestra seca (g)}}{\text{Peso inicial de la muestra (g)}} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de la cápsula con cenizas (g)} - \text{Peso de la cápsula vacía (g)}}{\text{Peso de la cápsula con muestra (g)}} * 100 \quad (2)$$

$$\text{Fibra cruda (\%)} = \frac{\text{Peso de la muestra seca} - \text{Peso de la muestras desecado}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100 \quad (3)$$



Las pruebas tecnológicas de Capacidad de Absorción de Agua (CAA), Capacidad de Absorción de Aceite (CAO) y Poder de Hinchamiento (PH) siguieron la metodología propuesta por Kesselly et al. (2023) con modificaciones. Se pesaron 5 g de mesocarpio de *Cocos nucifera* L. pulverizado (MCP) y se colocaron en un tubo Falcon de 50 ml con 30 ml de agua destilada y se centrifugaron durante 10 minutos a 3000 rpm. Luego se drenó la fase sedimentada y superficial por 15 minutos. CAA y PH se calcularon aplicando las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

$$CAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad (4)$$

$$PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g) - Peso seco sobrenadante (g)}} \quad (5)$$

Para determinar la CAO se colocó en un tubo Falcon de 50 ml, 5 g de MCP junto a 5 ml de aceite de girasol comercial y se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente (30 ± 0.1 OC). Pasado este tiempo las muestras se llevaron a una centrifuga (LMC-3000) a 3000 rpm durante 15 minutos, tras la centrifugación se drenaron las muestras y se pesó la fracción sedimenta. El cálculo para estimar la capacidad de absorción de aceite de MCP empleó la ecuación 6.

$$CAO = \frac{\text{Peso del sedimento (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100 \quad (6)$$

El índice de solubilidad en agua empleó el método propuesto por Nilusha et al. (2021) modificado. Se pesaron 3 g de MCP y se agregaron a un tubo Falcon con 25 ml de agua destilada. Las muestras se llevaron a centrifugar a 9000 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante obtenido fue deshidratado y pesado. El índice de solubilidad se determinó empleando la ecuación 7.





$$ISA = \frac{\text{Peso seco sobrenadante (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100 \quad (7)$$

El índice de retención de agua siguió la metodológica propuesta por Zhao et al. (2025) con ligeras modificaciones. Se colocaron 5 g de MCP en un crisol, luego se sumergió la muestra en agua destilada y se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente garantizando la saturación de la muestra. Posteriormente, se filtró el agua no ligada y la fracción resultante se llevó a centrifugación a 4000 rpm por 10 minutos. La fibra semihúmeda obtenida fue pesada, el cálculo del índice de retención de agua se estimó utilizando la ecuación 8.

$$IRA = \frac{\text{valor de retención de agua(g)} - \text{valor de fibra centrifugada(g)}}{\text{Valor inicial de la muestra (g)}} * 100 \quad (8)$$

La identificación microbiológica del mesocarpio de *Cocos nucifera* L. pulverizado de (MCP) tomó como referencia los procedimientos establecidos por la AOAC. Para recuento de *E. coli* método AOAC 997.02, para recuento de mohos y levaduras método AOAC 991.14. Los límites microbiológicos siguieron los estándares proporcionados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2015) Norma NTE INEN 616:2015 requisitos microbiológicos para harina de trigo.

Resultados y Discusión

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la fibra del mesocarpio de coco (MCP) se resumen en la Tabla 1. El pH promedio fue de 6.51, lo que indica una acidez ligera con tendencias neutras. Este valor está relacionado con la presencia de ácidos orgánicos y compuestos funcionales, que conforman la estructura de la fibra (Barbosa et al., 2022; Berhanu et al., 2018). Valores similares se han reportado en subproductos de mango y racimos vacíos de palma aceitera que oscilan entre un 6.18 hasta 6.8 (Asoka et al., 2021; Siol et al., 2022). Desde el





punto de vista tecnológico, un pH con tendencias ácidas limita el crecimiento de agentes patógenos, manteniendo la estabilidad microbiológica y prolongando la vida útil del producto (Lund et al., 2020).

El contenido de humedad promedio en base seca para MCP fue 2.8%, este valor se considera bajo con relación a la humedad reportada en fibras de coco cruda 9.1% (Figueiredo et al., 2022) y 9.57% (Selamat et al., 2022). Mientras que subproductos de mango, alcanzaron valores de humedad aún más bajos, con un 6.29% y un 9.00% (Dukare et al., 2022). Esta respuesta estaría originada por la matriz fibrosa del mesocarpio, compuesta principalmente por polisacáridos insolubles, que favorecen la reducción de este parámetro. Si bien estos compuestos pueden captar agua en su estructura, también limitan la disponibilidad de agua ligada, lo que resulta en un índice de actividad de agua menor. Sin embargo, el contenido de humedad en un alimento es un indicador de estabilidad microbiológica valores <12% disminuye la actividad de agua (a_w), limitando la proliferación bacteriana y con ello la degradación enzimática del material (Awol et al., 2023).

El contenido de cenizas del mesocarpio de *Cocos nucifera* L. (MCP) fue de 10.26%. Este valor muestra una concentración significativa de compuestos minerales, principalmente potasio, magnesio, calcio, manganeso y fósforo (Tulashie et al., 2022; Zhang et al., 2022). Estos valores son superiores a los reportados en otras partes del coco, como el endospermo 0.87%, y el agua 0.70% (Phonphoem et al., 2022). Otros subproductos como las semillas de mango y *C. melo* muestran un contenido de cenizas inferior 1.8% (Iman et al., 2025) y 2.2% (Saeed et al., 2023) respectivamente. Esta variabilidad puede atribuirse a diversos factores tales como: la naturaleza de la matriz, genotipo, grado de madurez, condiciones de cultivo y métodos de procesamiento (Worku et al., 2022).





En el caso particular del mesocarpio de coco, su tejido poroso junto con el tratamiento térmico aplicado facilitó la acumulación de compuestos minerales (Jusoh et al., 2021). Estos compuestos cumplen un rol fundamental en procesos biológicos como el mantenimiento del equilibrio electrolítico, mejora de la función muscular y ósea, estimulación del sistema nervioso y hormonal (Elkatry et al., 2022).

La fibra cruda contenida en el mesocarpio de coco se cuantificó en 23.06%; por lo que este hallazgo es prometedor desde una perspectiva funcional y nutricional. MCP, compuesta por polisacáridos insolubles (celulosa, hemicelulosa y lignina), conforman una fracción predominante dentro de su estructura (Yan et al., 2024). Dichos compuestos poseen propiedades tecnológicas como capacidad de retención de agua, aceite y estabilidad térmica que podrían mejorar características reológicas como la textura, volumen y viscosidad en sistemas alimentarios (Naik et al., 2023; Zheng y Li, 2018). Además de ofrecer beneficios a la salud como la reducción de padecimientos crónicos como diabetes tipo II, obesidad, cáncer colorrectal y otros trastornos digestivos (He et al., 2021). Los valores observados en MCP se sitúan dentro del rango reportado en otros subproductos, como los derivados del procesamiento de manzanas, cuyo contenido varía entre un 7.6% hasta un 47.3% (Sadeh et al., 2022; Skinner et al., 2018). Esta divergencia subraya que factores botánicos, así como los métodos de extracción, influyen en el contenido de fibra total de la matriz (Lu et al., 2020).

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas demuestran que la fibra extraída del mesocarpio de coco es una matriz estable, de bajo contenido de humedad y prominentes características fisicoquímicas que pueden ser aprovechadas en la industria alimentaria. El contenido de macro y micronutrientes de MCP lo posicionan como un ingrediente viable para la reformulación de alimentos, contribuyendo significativamente en la calidad nutricional.



Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos de la fracción pulverizada de mesocarpio de Cocos nucifera L.

Parámetros	MCP
pH	6.51 ± 1.00
Humedad	2.8 ± 1.13
Cenizas	10.26 ± 2.05
Fibra cruda	23.06 ± 1.50

Nota: Media de tres repeticiones ± desviación estándar. Medias con una letra común indican diferencia significativa ($p > 0,05$).

Las propiedades tecnofuncionales del mesocarpio de coco pulverizado se presentan en la Tabla 2. MCP exhibió una destacable capacidad de absorción y retención de agua y aceite. Las propiedades de absorción de agua se atribuyen principalmente a la estructura fibrosa y concentración de grupos funcionales polares (hidroxilo, carbonilo y carboxilo) que forman puentes de hidrógeno, permitiendo la integración y retención de agua en la fibra (Bogner et al., 2024) ver figura 2A. Por su parte, la capacidad de retención de aceite resultó superior en comparación con (CAA). Esto sugiere que la interacción fisicoquímica entre moléculas hidrofóbicas y lipofílicas contenidas en la estructura de la fibra es particularmente eficiente (Zheng et al., 2021).



La respuesta satisfactoria de MCP a las pruebas funcionales posiblemente estuvieron originadas por factores como los parámetros de procesamiento aplicados, pues estudios previos mencionan que la reducción de partícula incrementa las propiedades superficiales de la fibra y expone una mayor densidad de grupos radicales que facilitan la unión en medios acuosos (Sun et al., 2024). Estos hallazgos concuerdan con los obtenidos previamente en subproductos fibrosos como el orujo de kiwi, CAA de 7.88 g y CAO de 1.68 g (Zhao et al., 2020), piel de uva (CAA) 2.87 g, (CAO) 4.02 g y cáscara de cacahuete (CAA) 1.50 g, (CAO) 1.70 g (Mostafa et al., 2022).

Los valores registrados para MCP son significativamente superiores a los registrados en otros subproductos. Esto se debe al tipo de fibra por ejemplo las fibras solubles presentan propiedades funcionales útiles, como formación de geles, estabilización de emulsiones, mientras que las fibras insolubles poseen estructuras lignificadas que otorgan mayor resistencia, textura y estabilidad (Manthei et al., 2023). Esta particularidad posee un amplio potencial tecnológico y se podría aplicar en alimentos donde la estabilidad reológica es un factor determinante (Tang et al., 2024).

El poder de hinchamiento de MCP muestra una resistencia significativa en soluciones acuosas atribuible a su estructura polimérica. Los complejos hidrofílicos con alto peso molecular de MCP dan origen a su matriz rígida, permitiendo la interacción entre la red de fibras y el agua, incrementando su capacidad de hidratación y volumen (Huang et al., 2023) ver figura 2B. El valor alcanzado por MCP se muestran superiores a los reportados en subproductos de mango (17.3%) (Mieles-Gómez et al., 2023); esta variabilidad estaría originada por la naturaleza predominante insoluble del mesocarpio de coco.





La solubilidad en agua del mesocarpio de coco (MCP) fue limitada; y podría estar ocasionada por su alto contenido de celulosa y lignina. Estas estructuras aportan volumen en diversos sistemas emulsionados sin generar viscosidad excesiva (Ghavidel y Fatehi, 2021). El índice de solubilidad en las fibras está directamente influenciado por el pH; se ha reportado que a valores de pH 4 la solubilidad es mínima, mientras que su máximo se da en condiciones extremadamente ácidas o alcalinas (Wang et al., 2022).

En el caso de MCP que presentó un pH de 6.51 (ligeramente ácido a neutro), con presencia de grupos carboxilos ionizantes que forman enlaces de hidrógeno al contacto con el agua, generando cargas electrostáticas negativas entre complejos poliméricos (Björneholm et al., 2022). Esta reacción sumada a su naturaleza insoluble limitó la solubilidad de la fibra, lo que explicaría la respuesta del mesocarpio. Sin embargo, subproductos derivados del lichi con estructuras fibrosas solubles y acidez distintas muestran mejor solubilidad (83.1%) (Li et al., 2022). Estos resultados muestran que las condiciones de procesamiento alteran la pared celular de las estructuras, aumentando la porosidad y, en consecuencia, la solubilidad y el poder de hinchamiento de la fibra mejoraría (Reibner et al., 2022).

La combinación de estas propiedades confiere al mesocarpio de coco características tecnológicas prometedoras. Su incorporación en diversos sistemas alimentarios como un sustituto parcial de grasas y otros aditivos podría mejorar la textura y retención de humedad, sin aumentar la viscosidad. De esa manera, se optimizarían las características sensoriales de los productos alimenticios.





Tabla 2

Caracterización tecnológica de la harina de mesocarpio de Cocos nucifera L.

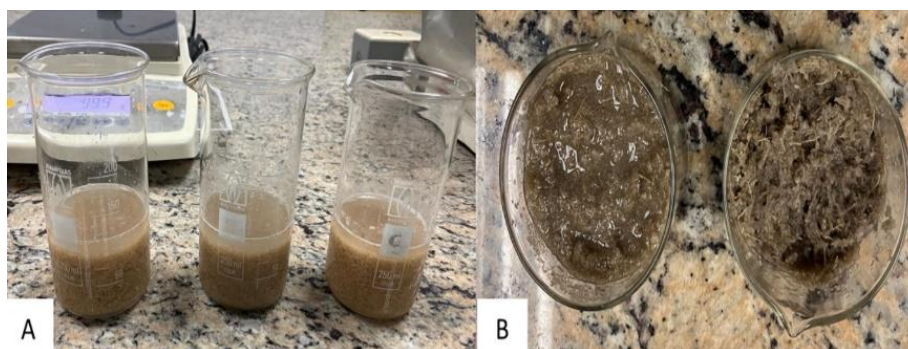
Parámetros	MCP
CAA (g)	53,69 ± 0,01
CAO (g)	76.2 ± 1.2
IRA (g)	42,05 ± 0,03
PH (mL/g)	45,11 ± 0,12
ISA (%)	37,89 ± 0,14

Nota: Valores medios de tres repeticiones ± desviación estándar indican diferencia significativa ($p > 0,05$). CAA: capacidad de absorción de agua; CAO: capacidad de absorción de aceite; PH: poder de hinchamiento; ISA: índice de solubilidad en agua; IRA: índice de retención de agua.



Figura 2

Pruebas tecnofuncionales aplicadas el mesocarpio de Cocos nucifera L. pulverizado



A: Prueba de absorción de agua en muestras de mesocarpio de *Cocos nucifera* L. pulverizado; B: Prueba de poder hinchamiento en muestras de mesocarpio de *Cocos nucifera* L. pulverizado

Los resultados de los análisis microbiológicos en el mesocarpio de coco pulverizado (MCP), que se muestran en la Tabla 3. Todos los parámetros cumplen con los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 616:2015. Aunque se detectó un conteo de 10 UFC/g para levaduras y mohos, este valor está por debajo del límite permitido (< 10 UFC/g). La composición del mesocarpio, especialmente su escaso contenido de humedad y actividad de agua inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos (Alp y Bulantekin, 2021). Lo cual indica que el producto es microbiológicamente seguro, haciéndolo adecuado para su aplicación en alimentos.



Tabla 3

Calidad microbiológica del mesocarpio de Cocos nucifera L. pulverizado según la norma INEN 616:2015.

Parámetro	Unidad	P1	P2	P3	Requisito*
<i>E. coli</i>	UFC/g	<3,0x10 ¹	<3,0x10 ¹	<3,0x10 ¹	1,0x10 ⁴
Mohos y levaduras	UFC/g	10	10	10	<10

Resultados expresados en UFC/g según los estándares establecidos en la Norma INEN 616:2015.

Referencias Bibliográficas

- Ahmad Khorairi, A. N. S., Sofian-Seng, N. S., Othaman, R., Abdul Rahman, H., Mohd Razali, N. S., Lim, S. J., y Wan Mustapha, W. A (2023). A review on agro-industrial waste as cellulose and nanocellulose sources and their potential in food applications. *Food Reviews International*, 39(2), 663-688. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1926478>
- Alp, D., y Bulantekin, Ö. (2021). The microbiological quality of various foods dried by applying different drying methods: a review. *European Food Research and Technology*, 247(6), 1333–1343. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03731-z>
- Arumugam, T., y Hatta, M. (2022). Improving coconut using modern breeding technologies: Challenges and opportunities. *Plants*, 11(24), 3414. <https://doi.org/10.3390/plants11243414>
- Asoka, M., Abu, G., y Agwa, O. (2021). Proximate and physicochemical composition of oil palm empty fruit bunch. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 17(1), 026-032. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2021.17.1.0299>
- Association of Official Agriculture Chemists. (2012). Official Methods of Analysis of AOAC (19th ed., Vol. 1). Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International.
- Awol, S. M., Kuyu, C. G., y Bereka, T. Y. (2023). Physicochemical stability, microbial growth, and sensory quality of teff flour as affected by packaging materials during storage. *LWT*, 189, 115488. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115488>





- Barbosa, B. M., Vaz Jr. S., Colodette, J. L., De Aguiar, A. R., Cabral, C. P. T., y de Freitas, B. (2022). Structural and chemical characterization of lignin and hemicellulose isolated from corn fibers toward agroindustrial residue valorization. *Cellulose*, 29, 8117 - 8132. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04769-2>
- Bajić, B., Vučurović, D., Vasić, D., Jevtić-Mučibabić, R. y Dodić, S. (2022). Biotechnological production of sustainable microbial proteins from agroindustrial residues and by-products. *Foods*, 12(1), 107. <https://doi.org/10.3390/foods12010107>
- Berhanu, H., Kiflie, Z., Miranda, I., Lourenço, A., Ferreira, J., Feleke, S., ... y Pereira, H. (2018). Characterization of crop residues from false banana (*Ensete ventricosum*) in Ethiopia in view of a full-resource valorization. *PLOS ONE*, 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199422>.
- Björneholm, O., Ohrwall, G., De Brito, A. N., Ågren, H. y Carravetta, V. (2022). Superficial tale of two functional groups: on the surface propensity of aqueous carboxylic acids, alkyl amines, and amino acids. *Accounts of Chemical Research*, 55(23), 3285–3293. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.2c00494>
- Bogner, P., Schlapp-Hackl, I., Hummel, M., Bechtold, T., Pham, T., y Manian, A. P. (2024). Carboxymethylation of viscose and cotton fibers: comparisons of water retention and moisture sorption. *Cellulose*, 31(15), 9455–9469. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06144-9>
- Dukare, A., Bibwe, B., Samota, M. K., Dawange, S., Kumar, M., y Lorenzo, J. M. (2022). Assessment of bioactive compounds, physicochemical properties, and microbial attributes of hot air–dried mango seed kernel powder: An approach for quality and safety evaluation of hot air–dried mango seed kernel powder. *Food Analytical Methods*, 15(10), 2675–2690. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02318-y>
- Elkatry, H., Ahmed, A., El-Beltagi, H., Mohamed, H., y Eshak, N. (2022). Biological activities of grape seed by-products and their potential use as natural sources of food additives in the production of Balady bread. *Foods*, 11(13), 1948. <https://doi.org/10.3390/foods11131948>
- Elroi, H., Zbigniew, G., Agnieszka, W. C., y Piotr, S. (2023). Enhancing waste resource efficiency: circular economy for sustainability and energy conversion. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1303792. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1303792>
- Figueiredo, A. L., Sousa, J. F., Pedroza, M. M., y Bezerra, M. B. (2022). Straight pyrolysis of coconut husk in a rotating cylinder reactor and product characterization. *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*. 16(3). <https://doi.org/10.5419/bjpg2022-0008>





- García-Mahecha, M., Soto-Valdez, H., Peralta, E., Carvajal-Millan, E., Madera-Santana, T. J., Lomelí-Ramírez, M. G., y Colín-Chávez, C. (2023). Production and characterization of cellulosic pulp from mango agro-industrial waste and potential applications. *Polymers*, 15(15), 3163. <https://doi.org/10.3390/polym15153163>
- Ghavidel, N., y Fatehi, P. (2021). Recent developments in the formulation and use of polymers and particles of plant-based origin for emulsion stabilizations. *ChemSusChem*, 14(22), 4850–4877. <https://doi.org/10.1002/cssc.202101359>
- González-Delgado, Á., Villabona-Ortíz, Á., y Tejada-Tovar, C. (2022). Evaluation of three biomaterials from coconut mesocarp for use in water treatments polluted with an anionic dye. *Water*, 14(3), 408. <https://doi.org/10.3390/w14030408>.
- He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., y Zhang, C. (2021). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.07.001>
- Huang, H., Trentle, M., Liu, Z., Xiang, K., Higgins, W., Wang, Y., y Yang, S. (2023). Polymer complex fiber: Property, functionality, and applications. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 15(6), 7639-7662. <https://doi.org/10.1021/acsmi.2c19583>
- Iman, S., Rasheed, M. U., Zahran, H. A., Rashid, H., Fatima, M., Saleem, Z., y Castro-Muñoz, R. (2025). Comprehensive analysis of mango (*Mangifera indica* L.) seed: Phytochemical profile, bioactivity, and nutraceutical potential. *Food Science & Nutrition*, 13(6), e70390. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70390>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). Harina de trigo. Requisitos (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616:2015). <https://drive.google.com/file/d/1duTSjJNL1vzF3XxP2vUpViQA-tzCxNme/view>
- Jusoh, M. M., Nordin, M. N., Ahamad, W.M., y Hamid, M. A. (2021). Comparison study on fiber and cocopeat from young coconut husks and old coconut husks. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 2(2), a0000216. <https://doi.org/10.36877/aafrj.a0000216>
- Kannan, G., Thangaraju, R., Suttiruengwong, S., Shanmugam, V., Rangappa, S. M., Sumesh, K. R., y Siengchin, S. (2024). Effect of drilling process parameters on agro-waste-based polymer composites reinforced with banana fiber and coconut shell filler. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(9), 13719–13732. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-06140-w>





- Kesselly, S. R., Mugabi, R., y Byaruhanga, Y. B. (2023). Effect of soaking and extrusion on functional and pasting properties of cowpeas flour. *Scientific African*, 19, e01532. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01532>
- Leliana, L., Setyaningsih, W., Palma, M., Supriyadi, y Santoso, U. (2022). Antioxidant activity of aqueous and ethanolic extracts of coconut (*Cocos nucifera*). *Fruit by-products. Agronomy*, 12(5), 1102. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051102>.
- Li, Y., Yu, Y., Wu, J., Xu, Y., Xiao, G., Li, L. y Liu, H. (2022). Comparison the structural, physicochemical, and prebiotic properties of litchi pomace dietary fibers before and after modification. *Foods*, 11(3), 248. <https://doi.org/10.3390/foods11030248>
- Lu, C., Hou, S., Zhang, Z., Chen, J., Li, Q. y Han, X. (2020). The mystery of coconut overturns the crashworthiness design of composite materials. *International Journal of Mechanical Sciences*, 168, 105244. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.105244>
- Lund, P.A., De Biase, D., Liran, O., Scheler, O., Mira, N.P., Cetecioglu, Z., y O'Byrne, C. (2020). Understanding how microorganisms respond to acid pH is central to their control and successful exploitation. *Frontiers in Microbiology*, 11, 556140. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.556140>
- Manthei, A., López-Gámez, G., Martín-Belloso, O., Elez-Martínez, P., y Soliva-Fortuny, R. (2023). Relationship between physicochemical, techno-functional and health-promoting properties of fiber-rich fruit and vegetable by-products and their enhancement by emerging technologies. *Foods*, 12(20), 3720. <https://doi.org/10.3390/foods12203720>
- Mat, K., Abdul Kari, Z., Rusli, N. D., Che Harun, H., Wei, L. S., Rahman, M. M., Mohd Khalid, H. N., Mohd Ali Hanafiah, M. H., Mohamad Sukri, S. A., Raja Khalif, R. I. A., Mohd Zin, Z., Mohd Zainol, M. K., Panadi, M., Mohd Nor, M. F., & Goh, K. W. (2022). Coconut palm: Food, feed, and nutraceutical properties. *Animals*, 12(16), 2107. <https://doi.org/10.3390/ani12162107>
- Mieles-Gómez, L., Quintana, S. E., y García-Zapateiro, L. A. (2023). Ultrasound-assisted extraction of mango (*Mangifera indica*) kernel starch: Chemical, techno-functional, and pasting properties. *Gels*, 9(2), 136. <https://doi.org/10.3390/gels9020136>
- Mostafa, A., Nassar, A. G., El-Badry, N., y Ammar, M. S. (2022). The physicochemical and functional properties of red grape and peanut skin powders. *Archives of Agriculture Sciences Journal*. 5(1), 88-113. <https://doi.org/10.21608/aasj.2022.236578>
- Naik, B., Kumar, V., y Gupta, A. (2023). Valorization of tender coconut mesocarp for the formulation of ready-to-eat dairy-based dessert (Kheer): Utilization of





- industrial by-product. *Journal of Agriculture and Food Research* 12, 100572. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100572>.
- Nilusha, R., Jayasinghe, J., Perera, O., Perera, P., y Jayasinghe, C. (2021). Proximate composition, physicochemical, functional, and antioxidant properties of flours from selected cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *International Journal of Food Science*, 2021(1), 6064545. <https://doi.org/10.1155/2021/6064545>
- Phonphoem, W., Sinthuvanich, C., Aramrak, A., Sirichiewsakul, S., Arikrit, S. y Yokthongwattana, C. (2022). Nutritional profiles, phytochemical analysis, antioxidant activity and DNA damage protection of makapuno derived from Thai aromatic coconut. *Foods*, 11(23), 3912. <https://doi.org/10.3390/foods11233912>
- Reibner, A. M., Brunner, M., Struck, S., y Rohm, H. (2022). Thermo-mechanical processing of fibre-rich blackcurrant pomace to modify techno-functional properties. *European Food Research and Technology*, 248(9), 2359–2368. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04052-5>
- Sadef, Y., Javed, T., Javed, R., Mahmood, A., Alwahibi, M. S., Elshikh, M. S., y Rasheed, R. (2022). Nutritional status, antioxidant activity and total phenolic content of different fruits and vegetables' peels. *PLOS ONE*, 17(5), e0265566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265566>
- Saeed, F., Afzaal, M., Niaz, B., Hussain, M., Rasheed, A., Raza, M. A., Umar, M., Khan, M., Suleria, H., Tufail, T., y Al Jbawi, E (2024). Comparative study of nutritional composition, antioxidant activity and functional properties of *Cucumis melo* and *Citrullus lanatus* seeds powder. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2293517. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2293517>
- San Andrés, G., Aguilar-Sierra, S., y Graziella, B. (2023). Morphological, physical, and chemical characterization of coconut residues in Ecuador. *Heliyon*, 9(9), e19267. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19267>
- Selamat, A., Ghani, S. S. A., Halmi, M. I. E., & Zaidan, U. H. (2022, noviembre). Properties of coconut (*Cocos nucifera*) husks and its fiber potentials. En *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2644, No. 1, p. 050002). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0104849>
- Shen, L., Yang, J., Huang, Z., Guo, J., Zong, L., y Liu, Y. (2023). A green process for extracting and purifying coconut mesocarp polyphenols. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37, 101413. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101413>
- Singh, T. A., Sharma, M., Sharma, M., Sharma, G. D., Passari, A. K., y Bhasin, S. (2022). Valorization of agro-industrial residues for production of commercial biorefinery products. *Fuel*, 322, 124284. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124284>





- Siol, M., Sadowska, A., Król, K., y Najman, K. (2022). Bioactive and physicochemical properties of exotic fruit seed powders: Mango (*Mangifera indica* L.) and rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) obtained by various drying methods. *Applied Sciences*, 12(10), 4995. <https://doi.org/10.3390/app1210G4995>
- Skinner, R. C., Gigliotti, J. C., Ku, K. M., y Tou, J. (2018). A comprehensive analysis of the composition, health benefits, and safety of apple pomace. *Nutrition Reviews*, 76(12), 893–909. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy033>
- Sun, C., Hu, Y., Zhu, Z., He, Z., Mei, L., Wang, C., Xie, Q., Chen, X., y Du, X. (2024). Starch nanoparticles with predictable size prepared by alternate treatments of ball milling and ultrasonication. *International Journal of Biological Macromolecules*, 272, 132862. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132862>
- Tang, W., Lin, X., Walayat, N., Liu, J., y Zhao, P. (2024). Dietary fiber modification: structure, physicochemical properties, bioactivities, and application a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(22), 7895-7915. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2193651>
- Tulashie, S. K., Amenakpor, J., Atisey, S., Odai, R., y Akpari, E. (2022). Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6, 100206. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100206>
- Vieira, F., Santana, H. E., Jesus, M., Santos, J., Pires, P., Vaz-Velho, M., Pereira, S. D., y Ruzene, D. S. (2024). Coconut waste: Discovering sustainable approaches to advance a circular economy. *Sustainability*, 16(7), 3066. <https://doi.org/10.3390/su16073066>
- Wang, S., Fang, Y., Xu, Y., Zhu, B., Piao, J., Zhu, L., y Wu, J. (2022). The effects of different extraction methods on physicochemical, functional and physiological properties of soluble and insoluble dietary fiber from *Rubus chingii* Hu. fruits. *Journal of Functional Foods*, 93, 105081. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105081>
- Worku, L. A., Bachheti, R. K., y Tadesse, M. G. (2022). Isolation and characterization of natural cellulose from *Oxytenanthera abyssinica* (Lowland Ethiopian Bamboo) using alkali peroxide bleaching stages followed by aqueous chlorite in buffer solution. *International Journal of Polymer Science*, 2022(1), 515552. <https://doi.org/10.1155/2022/515552>
- Yan, J., Li, Y., Bai, S., Zheng, J., Hassan, N. A., Lu, B., y Hu, A. (2024). Comparison of structural, physicochemical and functional properties of dried coconut dietary fiber by steam explosion and extrusion modification. *Industrial Crops and Products*, 218(15), 118916. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118916>





- Zhang, Y., Kan, J., Tang, M., Song, F., Li, N., y Zhang, Y. (2022). Chemical composition, nutritive value, volatile profiles and antioxidant activity of coconut (*Cocos nucifera* L.) haustorium with different transverse diameter. *Foods*, 11(7), 916. <https://doi.org/10.3390/foods11070916>
- Zhao, D., Guo, C., Liu, X., y Xiao, C. (2020). Effects of insoluble dietary fiber from kiwi fruit pomace on the physicochemical properties and sensory characteristics of low-fat pork meatballs. *Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1524–1537. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04665-2>
- Zhao, Y., Kong, X., Xing, X., Hu, X., y Sun, Y. (2025). Comparison of different technologies for dietary fiber extraction from cold-pressed corn germ meal: Changes in structural characteristics, physicochemical properties and adsorption capacity. *Journal of Cereal Science*, 121, 104077. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.104077>
- Zheng, Y., y Li, Y. (2018). Physicochemical and functional properties of coconut (*Cocos nucifera* L) cake dietary fibres: Effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution. *Food Chemistry*, 257, 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.012>
- Zheng, Y., Tian, H., Li, Y., Wang, X. y Shi, P. (2021). Effects of carboxymethylation, hydroxypropylation and dual enzyme hydrolysis combination with heating on physicochemical and functional properties and antioxidant activity of coconut cake dietary fibre. *Food Chemistry*, 336, 127688. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127688>

