



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

IMPACTO DEL ESTADO DE MADUREZ EN LA COMPOSICIÓN FENÓLICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL FRUTO DE YACA (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) Y SUS SUB-PRODUCTOS

**IMPACT OF RIPENESS ON THE PHENOLIC
COMPOSITION AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF
JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) AND ITS
BY-PRODUCTS**

Julieta del Carmen Villalobos-Espinosa
Tecnológico Nacional de México

Mayra Nicolás-García
Tecnológico Nacional de México

Claudia Hernández-Chávez
Tecnológico Nacional de México

Daniela Monserrat Velázquez-Mora
Tecnológico Nacional de México

Georgina Alonso-Mendoza
Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.20825

Impacto del Estado de Madurez en la Composición Fenólica y Capacidad Antioxidante del Fruto de Yaca (*Artocarpus Heterophyllus*) y sus Subproductos

Julieta del Carmen Villalobos-Espinosa¹
julieta.ve@teziutlan.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8858-5127>
Tecnológico Nacional de Teziutlán, México

Mayra Nicolás-García
mayra.ng@teziutlan.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0077-0219>
Tecnológico Nacional de Teziutlán, México

Claudia Hernández-Chávez
kayasangster2001@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-4192-9754>
Tecnológico Nacional de Teziutlán, México

Daniela Monserrat Velázquez-Mora
danymonse2001@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-4063-057X>
Tecnológico Nacional de Teziutlán, México

Georgina Alonso-Mendoza
ginaalonsomen2709@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-4854-8482>
Tecnológico Nacional de Teziutlán, México

RESUMEN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es una fruta que ha sido poco estudiada de acuerdo con sus propiedades funcionales. Sin embargo, el procesamiento de frutas dentro del sector agroalimentario ha aumentado generándose subproductos como la cáscara, bagazo de pulpa y semilla. México es uno de los países que sigue en la búsqueda de alternativas para solucionar esta problemática y así poder brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes. Se ha demostrado que el fruto de yacas tiene propiedades nutricionales que benefician la salud humana. El objetivo fue evaluar la composición fenólica del fruto de la yaca y las estructuras que la componen como la cáscara, pulpa y semillas de yaca (*A. heterophyllus*) extraídas mediante maceración y ultrasonido en dos estados de madurez del fruto (inmaduro y maduro). Se identificaron flavonoides y taninos, y se cuantificó el contenido de fenoles totales (Folin-Ciocalteu) y capacidad antioxidante (DPPH) de extractos etanólicos. Se identificaron flavonoides y taninos en cáscara mostrando disminución con respecto a la maduración del fruto. El método de extracción por ultrasonido presentó mayor eficiencia, así mismo, se observó una disminución de fenoles totales y actividad antioxidante de 99.66 a 21.45 mg/EAG 100 g y 378.34 mg ET/100 g. La identificación y cuantificación de fenoles presentó diferencias significativas indicando que el índice de madurez es fundamental para la transformación del fruto y sus compuestos. Se evidenció la presencia de flavonoides y taninos en la semilla inmadura y madura, principalmente en estado maduro con una disminución en el sobremaduro. El método por ultrasonido presentó mejor rendimiento para la extracción de compuestos fenólicos en la semilla inmadura (23.22 mg EAG/100 g). El estado de madurez y descascarillado de la semilla influye en la composición fenólica debido a los diversos procesos que suceden de un estado a otro. Los resultados muestran las bases que permiten identificar la viabilidad del uso de la cáscara de yaca en la industria alimentaria y/o biotecnológica.

Palabras clave: artocarpus heterophyllus; subproductos; flavonoides; taninos; capacidad antioxidante

¹ Autor principal.

Correspondencia: julieta.ve@teziutlan.tecnm.mx

Impact of Ripeness on the Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) and its By-products

ABSTRACT

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) is a fruit that has been little studied in terms of its functional properties. However, fruit processing within the agri-food sector has increased, generating by-products such as peel, pulp bagasse, and seeds. Mexico is one of the countries that continues to search for alternatives to solve this problem and thus provide a better quality of life for its inhabitants. The jackfruit has been shown to have nutritional properties that benefit human health. The aim was to evaluate the phenolic composition of the jackfruit and its components, such as the peel, pulp, and seeds of jackfruit (*A. heterophyllus*), extracted by maceration and ultrasound at two stages of fruit ripeness (unripe and ripe). Flavonoids and tannins were identified, and the total phenol content (Folin-Ciocalteu) and antioxidant capacity (DPPH) of ethanolic extracts were quantified. Flavonoids and tannins were identified in the peel, showing a decrease with respect to fruit ripeness. The ultrasound extraction method was more efficient, and a decrease in total phenols and antioxidant activity was observed from 99.66 to 21.45 mg/EAG 100 g and 378.34 mg ET/100 g. The identification and quantification of phenols showed significant differences, indicating that the ripeness index is fundamental for the transformation of the fruit and its compounds. The presence of flavonoids and tannins was evident in both immature and ripe seeds, mainly in the ripe state, with a decrease in the overripe state. The ultrasound method showed the best performance for the extraction of phenolic compounds in the immature seed (23.22 mg EAG/100 g). The state of ripeness and husking of the seed influences the phenolic composition due to the various processes that occur from one state to another. The results provide the basis for identifying the viability of using jackfruit peel in the food and/or biotechnology industry.

Keywords: artocarpus heterophyllus; by-products; flavonoids; tannins; antioxidant capacity

Artículo recibido 15 octubre 2025

Aceptado para publicación: 17 octubre 2025



INTRODUCCIÓN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*) es un fruto originario del sur de la India, se caracteriza por ser de gran tamaño llegando a tener un peso que oscila entre 10-25 kg y posee numerosas propiedades medicinales antibacteriales, antioxidantes, antidiabéticas, antidiuréticas e inmunomoduladoras (Bhat et al., 2017; Ranasinghe & Marapana, 2019), llegó a México en 1960 y el principal productor es el estado de Nayarit seguido de Veracruz. La única parte comestible de la yaca son los bulbos y su consumo puede ser de manera fresca o en productos como mermeladas, jugos, conservas, entre otros (SIAP, 2017). La elaboración de esos productos ocasiona que las partes no comestibles sean desechados destacando cáscara, bagazo del fruto y semillas. En México se generan alrededor de 76 millones de residuos agroindustriales, principalmente por el procesamiento de frutas y verduras y por residuos como hojas, tallos y cortezas de los árboles que se originan al momento del cultivo (Gonzalez-Sánchez et al., 2015). En una producción de 4000 frutos se estima que se generan de 21 a 28 toneladas de residuos por yaca producida (Kalse & Swami, 2022). Esto causa el surgimiento de nuevas ideas para el aprovechamiento de los residuos, principalmente en el sector alimentario, quien busca darles un valor agregado a los residuos acorde con las investigaciones que se han realizado a través de los años para convertirlos en materia prima maximizando su potencial de uso (Mejías-Brizuela et al., 2016). Además de investigaciones enfocadas en el contenido nutricional de la yaca tales como en la pulpa que es fuente de carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas como B6 y C, magnesio, hierro calcio y zinc, también se cuenta con estudios en el ámbito de la innovación como la creación de aislados proteicos, harinas y recubrimientos. Se ha evidenciado que la yaca posee muchas propiedades benéficas para el ser humano y también para ser usadas como subproductos en la industria (Srivastava & Singh, 2020). Por otra parte, las semillas están compuestas en su mayoría por carbohidratos complejos como el almidón y destaca por el contenido de compuestos fenólicos (290.6 µg/mg) y una capacidad antioxidante (170.75 mg/g) equivalente de ácido ascórbico (Sreeja et al., 2021). Akter & Haque (2018) informaron que las semillas de yaca tienen potencial para su incorporación en alimentos tales como en productos de panificación en donde se detectó una disminución del gluten en diferentes porcentajes de harina de yaca con harina de trigo, además de que el color es similar al de un pan elaborado con harina integral de trigo y el contenido de fibra aumentó.

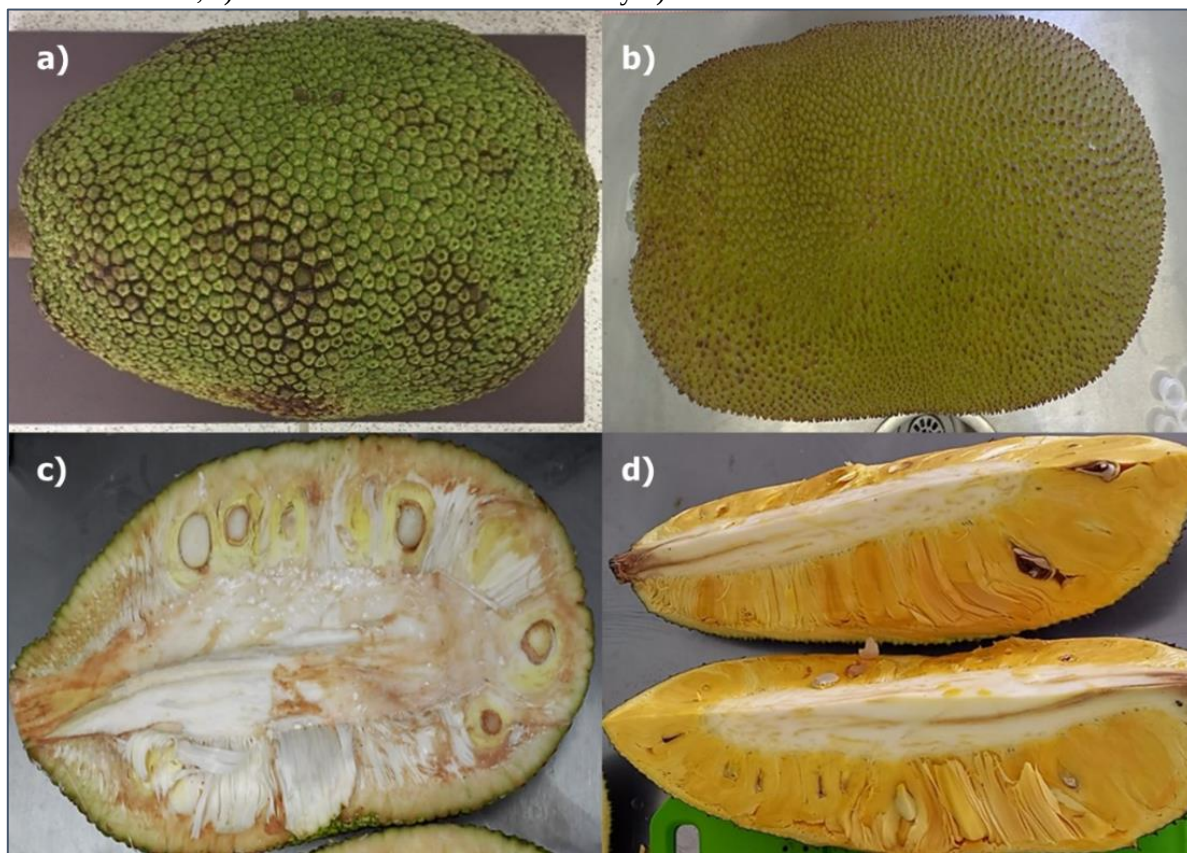


METODOLOGÍA

Materia prima

El fruto se recolectó en dos estados de maduración y se clasificaron de acuerdo con su consistencia y color en inmadura (YI) y maduro (YM) . Los frutos se adquirieron de la localidad de el Mezclero, Tlapacoyan y Martínez de la Torre, ambos municipios pertenecientes al Estado de Veracruz. Los frutos se pesaron, midieron y despulparon para separar la cáscara, pulpa y semillas (Figura 1).

Figura 1. Fruto de yaca (*Artocarpus heterophyllus*): a) vista externa del fruto inmaduro, b) vista externa del fruto maduro, c) vista interna del fruto inmaduro y d) vista interna del fruto maduro



Proceso de secado

La cáscara y pulpa se sometieron a un proceso de secado a una temperatura de 65 °C durante 72 h y las semillas a 50 °C por 36 h. Posteriormente, las muestras se molieron en una licuadora (Osterizer blendea) y la harina resultante se pulverizó en un molino eléctrico (Hamilton Beach/80393 Negro), se tamizó con el objetivo de obtener un tamaño de partícula homogéneo y se almacenó en frascos herméticos (Ramos-Farfán, 2022).

Extracción de los Compuestos Fenólicos

La extracción de los compuestos fenólicos se realizó con etanol al 60% comparando los métodos de extracción por maceración y baño ultrasonido.

Extracción por Maceración

Para la extracción por maceración se siguió la metodología descrita por Cheng et al. (2023) con algunas modificaciones. La extracción se realizó usando una relación 1:30 (p/v) durante 1 h usando agitación magnética en la oscuridad. El sobrenadante se centrifugó a 2432 xg durante 15 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se filtró para eliminar impurezas y se almacenó en frascos ámbar a una temperatura de -20 °C para su posterior análisis.

Extracción por Ultrasonido

La extracción por ultrasonido se realizó utilizando la metodología descrita por Cheng et al. (2023) con algunas modificaciones. En un tubo para centrífuga se agregó 0.5 g de harina de semilla de yaca, 15 mL de la solución extractora y se agitó en un vortex. Posteriormente, los extractos se colocaron en un baño de ultrasonido (BRANSONIC/M1800H) a temperatura ambiente y a 40 kHz durante 15 min. Los extractos resultantes se centrifugaron a 2432 xg durante 15 min y se filtraron. El extracto se almacenó a -20 °C para su posterior análisis.

Identificación de Flavonoides

Flavonoides (álcalis)

En un vaso de precipitado se adicionó una alícuota de 1 mL de extracto y basificó con NaOH al 5%. Se observó la coloración, siendo una evidencia positiva un cambio de coloración como se muestra a continuación:

- Flavonas, flavanoles e isoflavonas: amarillo
- Flavanonas y flavanol: amarillo o naranja
- Calconas: naranja a rojo

Flavonoides (AlCl₃)

En esta prueba se añadió 3 mL de cloruro de aluminio (AlCl₃) al 1% a 5 mL de extracto. Se realizó la observación y una coloración amarilla indicaba la presencia de flavonoides.



Identificación de Taninos

En un tubo de ensayo se adicionó 2 mL de la muestra, posteriormente, añadió de 2 a 5 gotas de solución de cloruro férrico al 0.1%. La aparición de un precipitado negro azulado, verde o verde azulado indica la presencia de taninos (Omolola, 2020).

Cuantificación de contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999) con algunas modificaciones. En una celda de plástico se añadió 100 µL del extracto o solución estándar, 500 µL de solución del reactivo de Folin-Ciocalteu/agua (1:2 v/v). Posteriormente, se agregó 400 µL de solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 10%. La solución se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente durante 30 min. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro (VELAB/VE-5100 UV) a 765 nm. El contenido de fenoles totales se calculó utilizando una curva estándar de ácido gálico (0.1 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de muestra en peso seco.

Actividad Antioxidante por el Método de DPPH (1-difenil-2-picril-hidrazilo)

La captación del radical libre DPPH se realizó de acuerdo con el método descrito por Udenigwe et al. (2009) con modificaciones. Se añadieron 200 µL del extracto fenólico y 800 µL del radical DPPH (100 µM). La celda se mantuvo protegida de la luz a temperatura ambiente durante 30 min, se leyó a 515 nm. Se realizó una curva tipo de Trolox (0.0-0.01 mg/mL), los resultados se expresaron como mg equivalentes a trolox (ET)/g de muestra en peso seco.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron reportados como el promedio + desviación estándar. Las diferencias significativas ($p \leq 0.05$) se realizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) mediante la prueba de Tukey usando el software KaleidaGraph.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de Flavonoides y Taninos

En la Tabla 1 los resultados mostraron que en la aplicación del primer método en ambos extractos (maceración y ultrasonido) en estado maduro e inmaduro se detectó un bajo contenido de flavonoides debido a su coloración blanco amarillento. Gambini et al (2013) reportaron que los flavonoides



contribuyen en la coloración de los órganos vegetales, como flores y frutos. Sin embargo, la coloración blanca amarillenta puede ser causada por la degradación de los flavonoides y los compuestos antioxidantes de la materia prima, incluso pueden cambiar al ser extraídos de su fuente vegetal y durante su procesamiento. En la aplicación del método alcalí utilizando NaOH, se utilizó la muestra en estado inmaduro extraída por maceración y se observó una coloración alta, la cual nos indicó la presencia de flavanonas. De acuerdo con Gambini et al. (2013) las plantas producen flavanonas como metabolitos secundarios, las cuales son moléculas que ayudan a proteger a las plantas de amenazas externas (sequías, heladas y patógenos) y normalmente están presentes en casi todas las partes de la planta, desde hojas, ramas, tallos y corteza. En el caso de la muestra extraída por ultrasonido se detectó una coloración alta con respecto a la presencia de flavonoides (color amarillo), de acuerdo con Irene & Enit (2023) los flavonoides con hidroxilos fenólicos son solubles en soluciones alcalinas, eso explica su coloración ya que algunos flavonoides altamente hidroxilados se descomponen por la acción de bases fuertes. Por último, en ambas muestras de yaca madura se obtuvo una alta presencia de flavonoides, comparando con Peñarrieta et al. (2014) estos compuestos son un tipo particular de los polifenoles presentes en plantas y son los compuestos responsables del aroma y color de las flores y frutas. En la identificación de taninos se realizó una prueba colorimétrica y se observó una coloración verde positiva en la harina de cáscara de yaca inmadura debido a que los antioxidantes se encuentran mayormente presente en las cortezas de los frutos en este estado de madurez, además, realizan una función protectora y son formadores de resina (Saravia, 2022). Los resultados obtenidos en la pulpa de yaca inmadura presentó una coloración amarilla claro por los dos métodos de extracción (maceración y ultrasonido) lo cual que indica la presencia de flavonoides, por otro lado, en la pulpa de yaca madura la coloración se mostró más intensa en maceración. Se ha demostrado que, los flavonoides son los fenólicos más comunes y se encuentran ampliamente distribuidos en tejidos vegetales y, a menudo, son los responsables junto con los carotenoides y las clorofilas de brindar colores azul, morado, amarillo, naranja y rojo (Khoddami et al., 2013) además en la especie *Artocarpus heterophyllus* los flavonoides son los más abundantes (Meriño-Serrano, 2019). Por otra parte, se observó presencia de taninos en menor cantidad tanto para la pulpa inmadura y madura, ya que apenas se distinguía en los extractos una coloración verde.

Los taninos son solubles en agua y alcohol y son responsables de la astringencia en frutos climatéricos



en estado inmaduro, se acumulan principalmente en raíces, cortezas, frutos, hojas y semillas, son reactivos con agentes hidrolíticos (Badui-Dergal, 2020). De acuerdo con lo anterior, Arteaga-Cevallo & Lucas-Ormaza (2023) informan que los compuestos fenólicos intervienen en procesos como el crecimiento, la maduración y la fermentación de las frutas y de igual forma, son los encargados de realizar múltiples funciones biológicas y fisiológicas. En la Tabla 1 se muestra que la semilla madura presentó mayor pigmentación. La intensidad con que se pigmentaron los extractos aumentó de inmaduro a maduro con respecto al detección de taninos, esto debido a los fenoles insolubles que pasan por procesos de transformación como la polimerización y oxidación (Vega et al., 2019). Bhat et al. (2017) realizaron extracciones fenólicas con agua destilada, metanol y agua-metanol y observaron que la coloración fue la misma en todas las muestras con una baja intensidad (+), mientras que para taninos hubo una mayor pigmentación en el extracto agua-metanol, en este caso la extracción resulta mejor en el extracto agua-disolvente orgánico. Utari & Warly (2021) usaron hojas de yaca para identificación de taninos y flavonoides a través del método de maceración con extractos acuosos de agua-hexano, agua-étil acetato y agua-metanol dando como resultado una coloración positiva pero con menor pigmentación que las semillas.

Tabla 1. Identificación de flavonoides y taninos en extractos de la pulpa y subproductos de yaca

Estado de madurez	Método de extracción					
	Ultrasonido			Maceración		
	Flavonoides		³ Taninos	Flavonoides		³ Taninos
	¹ AlCl ₃	² NaOH		¹ AlCl ₃	² NaOH	
	Cáscara					
Inmadura	+	+++	+++	+	+++	+++
Madura	+	+++	++	+	+++	++
	Pulpa					
Inmadura	+	+	+	+	+	+
Madura	++	+++	+	++	+++	+
	Semilla					
Inmadura	+	++	++	+	++	++
Madura	++	+++	+++	++	+++	+++

¹Flavonoides totales (Coloración amarilla): Bajo (+), medio (++), alto (+++).

²Flavonoides: a) Amarillo (Flavonas, flavanoles e isoflavonas), b) amarillo o naranja (Flavanonas y flavanol) y c) naranja a rojo (Calconas): Bajo (+), medio (++), alto (+++).

³Coloración verde o azul-negra: Bajo (+), medio (++), alto (+++).

Cuantificación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante

En la Tabla 2 la cáscara de yaca inmadura tuvo un mayor rendimiento y capacidad antioxidante debido a la solución de Trolox, esto causa la reducción de estrés oxidativo o daño. El método de extracción de compuestos fenólicos más efectivo es por ultrasonido, ya que requiere menos disolvente, se obtiene en menor tiempo y optimiza el rendimiento del extracto (Villalba-Peralta et al., 2023). Los compuestos fenólicos actúan como protección durante el crecimiento y desarrollo del fruto, por lo tanto, se obtuvo una mayor pigmentación.

Por otra parte, la concentración de compuestos fenólicos (Tabla 2) de pulpa de yaca inmadura fue de 93.95 mg EAG/100 g y 50.09 mg EAG/100 g en pulpa de yaca madura por maceración, respectivamente, mientras que en baño ultrasonido se obtuvo 7.19 mg EAG/100 g para pulpa inmadura y 11.41 mg EAG/100 g para pulpa madura. Cantillo-Zacarías et al. (2021) en su estudio evidencian una concentración del contenido de fenoles totales de 58.44 mg EAG/100 g de peso fresco realizado por ultrasonido con extracto metanólico al 80%. Por otra parte, el resultado de la capacidad antioxidante en pulpa de yaca inmadura por ultrasonido está por encima del método por maceración. Kamdem-Bemmo et al. (2023) reportaron una capacidad antioxidante (5.075–36.506 mg/mL) de la pulpa de yaca madura en extracto etanólico, sin especificar el método de extracción en ensayo con DPPH. La reducción en el contenido de polifenoles puede estar asociada a los cambios internos de la fruta durante el proceso de maduración que promueven el polifenol oxidasa (Huisa-Samanez & Galarza-Hermitaño, 2021).

La cuantificación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante por DPPH ha mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la comparación de los métodos evaluados, presentando mayor rendimiento la extracción por ultrasonido (Tabla 2). En cuanto al contenido de fenoles totales se observó un incremento de acuerdo al grado de madurez. Ranasinghe & Marapana (2019) observaron que la muestra madura tuvo un contenido de fenoles totales de 46.97 mg GAE/g para el estado inmaduro y 3.75 mg GAE/g para una muestra madura.



Por otra parte, Bhat et al. (2017) reportan diferentes resultados teniendo un valor de 0.4 mg GAE/g, mientras que Villalba-Peralta et al. (2023) y PM et al. (2020) obtuvieron valores de 130.52 μ g GAE/g y 122.17 μ g GAE/ mL, respectivamente. Cheng et al. (2023) resaltan que la extracción con etanol presenta más ventajas sobre otros solventes orgánicos. Por otra parte, la capacidad antioxidante se relaciona con la capacidad que tiene un compuesto de donar hidrógenos de los antioxidantes presentes en un extracto (Nossa-González et al., 2016). Se observó que la muestra inmadura mostró mayor extracción con 200.89 mg ET/100 g (Tabla 2). PM et al. (2020) usaron el mismo solvente para la extracción con diferencia de la concentración (95%) y reportaron un valor de 14.22 μ g/mL el cual está muy por debajo del valor obtenido en este reporte. La diferencia de los resultados obtenidos en este proyecto y con respecto a los otros autores puede deberse a factores como el estado de madurez pues la mayoría de los autores no especifica en qué estado se ocupó el fruto. Además, la muestra sobremadura se eliminó la testa y la madura estuvo compuesta en su mayoría por la testa o cubierta de la semilla. Cuevas-Rodríguez et al. (2018) mencionan que la eliminación de la testa de la semilla de yaca permite disminuir el contenido de ciertos nutrientes y antinutrientes presentes en esta parte de la semilla. Con lo anterior podemos deducir que la alta presencia de taninos y flavonoides en la muestra madura se debe a que en su mayoría se procesó una gran cantidad de testa que de cotiledón y como anteriormente se mencionó, existen cambios químicos por los cuales pasan los compuestos fenólicos y algunos de ellos pueden transformarse en otros componentes y es por ello la ausencia de un estado de madurez a otro. Por otro lado, es importante considerar que la semilla es uno de los componentes del fruto y durante el desarrollo y maduración pueden ocurrir diversos cambios que involucren a las estructuras como cáscara, axis, pulpa y semilla.



Tabla 2. Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante en extractos de cáscara, pulpa y semilla de yaca

Estado de madurez	Métodos de extracción			
	Maceración	Ultrasonido	Maceración	Ultrasonido
	Fenoles totales (mg EAG/100 g)		DPPH (mg ET/100 g)	
	Cáscara			
Inmadura	20.35 ± 0.0003 ^a	99.66 ± 0.31 ^a	149.02 ± 0.001 ^a	378.34 ± 0.86 ^a
Madura	23.79 ± 0.001 ^b	21.45 ± 2.80 ^b	120.52 ± 0.001 ^b	63.10 ± 0.86 ^b
	Pulpa			
	Maceración	Ultrasonido	Maceración	Ultrasonido
	Fenoles totales (mg EAG/100 g)		DPPH (mg ET/100 g)	
	Semilla			
Inmadura	15.84±0.40 ^b	23.22±1.22 ^a	89.79±0.43 ^b	213.78±0.86 ^a
Madura	19.55±0.67 ^b	99.13±0.31 ^a	162.40±1.87 ^b	200.89±1.49 ^a

Los resultados representan el promedio ± desviación estándar (n=3). En la fila letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de acuerdo con el método de extracción y el estado de madurez en cada una de las estructuras que componen el fruto. EAG: Equivalente de Ácido Gálico; ET: Equivalente de Trolox; DPPH: 1-difenil-2-picril-hidrazilo.

CONCLUSIONES

Las características fitoquímicas obtenidas de la pulpa de yaca varían de acuerdo al estado de madurez en el que se encuentre y a los tratamientos aplicados. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que la pulpa presenta buenas características para darle un valor agregado en la industria alimentaria. En la actualidad, los desechos orgánicos son muy abundantes, por lo que es necesario conocer más sobre sus propiedades, para ello deben realizarse más análisis que permitan conocer la composición completa de la cáscara de yaca en ambos estados de maduración, verificar su rendimiento y también realizar análisis de compuestos fenólicos para darle un valor agregado y poder aplicarlo en

algún alimento. La determinación cualitativa permitió identificar la presencia de flavonoides y taninos, teniendo más presencia en el estado maduro, resaltando que esta muestra estaba conformada mayoritariamente por testa que por cotiledón. Estos compuestos son de importancia por los beneficios que aportan a la salud. El proceso de extracción presentó mejor rendimiento en comparación con la maceración, debido a que el ultrasonido permite mayor rompimiento de enlaces entre todas las moléculas que conforman la semilla. El contenido de fenoles totales presentó un aumento conforme el fruto maduró. Sin embargo, la capacidad antioxidante presentó mayor contenido en el fruto inmaduro por ultrasonido. El estudio de los subproductos de la yaca es una alternativa para seguir indagando en la utilización de residuos agroindustriales y proporcionarles un valor agregado mediante la sustitución o incorporación en productos ya existentes mejorando las propiedades nutricionales o funcionales y además de contribuir en el sector ambiental.

LISTA DE REFERENCIAS

- Akter, B., & Haque, M. A. (2018). Utilization of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed's flour in food processing: A review. *The Agriculturists*, 16 (2), 131-42. <http://dx.doi.org/10.3329/agric.v16i02.40351>
- Arteaga-Cevallos, J. A., & Lucas-Ormaza, M. del J. (2023). Estudio de polifenoles y variables de control en la fermentación de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Dominio De Las Ciencias*, 9 (1), 117–139. <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1.3111>
- Badui Dergal, S. (2020). Química de los alimentos. Ciudad de México: Pearson. Recuperado el 11 de 2024.
- Bhat, V., Mutha, A., & Dsouza, M. R. (2017). Pharmacognostic and physiochemical studies of *Artocarpus heterophyllus* seeds. *International Journal of ChemTech Research*, 10 (9), 525-536.
- Cantillo-Zacarías, J. C., García-Mateos, R., Esparza-Torres, F., Martínez-Damián, T., & Hernández-Ramos, L. (2021). Calidad Nutricional y Antioxidante del Fruto de Jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Current Topics in Agronomic Science*, 1 (1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.5154/r.ctas.2021.06.17a>
- Cheng, M., He, J., Li, C., Wu, G., Zhu, K., Chen, X., ... & Tan, L. (2023). Comparison of microwave,



- ultrasound and ultrasound-microwave assisted solvent extraction methods on phenolic profile and antioxidant activity of extracts from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) pulp. *LWT*, 173, 114395. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114395>
- Cuevas-Rodríguez, I. D. V., & Polanco-Torres, A. Efecto del descascarillado de semillas de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) sobre antinutrientes, parámetros hematológicos y desempeño productivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Pesquera*, 4 (7)
- Gambini, J., López-Grueso, R., Olaso-González, G., Inglés, M., Abdelazid, K., El Alami, M., ... & Viña, J. (2013). Resveratrol: distribución, propiedades y perspectivas. *Revista Española de Geriátría y Gerontología*, 48 (2), 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2012.04.007>
- Gonzalez-Sanchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., & Yañez-Ocampo, G. (2015). Agroindustrial wastes methanization and bacterial composition in anaerobic digestion. *Revista Argentina de Microbiología*, 47 (3), 229-235. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003>
- Huisa Samanez, E.I., & Galarza-Hermitaño, M.Y. (2021). Evaluación de bioactivos en distintos estados de madurez de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y caracterización fisicoquímica de la pulpa madura. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7029>
- Irene, V. y Enit, G. (2023). Efecto antiparasitario *In vitro* del extracto etanólico de las hojas de *Mentha spicata* L. (hierbabuena) sobre *Lumbricus terrestris*. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/23935>
- Kalse, S. B., & Swami, S. B. (2022). Recent application of jackfruit waste in food and material engineering: A review. *Food Bioscience*, 48, 101740. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101740>
- Kamdem-Bemmo, U. L., Bindzi, J. M., Tayou Kamseu, P. R., Houketchang Ndomou, S. C., Tene Tambo, S., & Ngoufack Zambou, F. (2023). Physicochemical properties, nutritional value, and antioxidant potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and seeds from Cameroon eastern forests. *Food Science & Nutrition*, 00, 1–13. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3437>
- Khoddami, A.; Wilkes, M.; Roberts, T.H. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18 (2), 2328-2375. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6270361/>
- Mejías-Brizuela, N., Orozco-Guillén, E., & Galáan-Hernández, N. (2016). Aprovechamiento de los



- residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2 (6), 27-41
- Meriño-Serrano, C.C. (2019). Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) obtenidos de solventes de diferente polaridad. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17931/1/UPS-CT008495.pdf>
- Nossa-González, D. L., Talero-Pérez, Y. V., & Rozo-Núñez, W. E. (2016). Determinación del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de los extractos polares de comfrey (*Symphytum officinale* L.). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21 (2), 125-132.
- Omolola, T. O. (2020). Phytochemical, proximate and elemental composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray leaves. *International Annals of Science*, 8 (1), 54-61. <https://doi.org/10.21467/ias.8.1.54-61>
- Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31 (2), 68-81.
- PM, S., Tungare, K., Sunariwal, S., & Sonawane, S. (2020). Extraction and characterization of polyphenols from artocarpus heterophyllus and its effect on oxidative stability of peanut oil. *International Journal of Fruit Science*, 20 (sup3), S1134-S1155. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1775162>
- Ramos Farfán, N. R. (2022). Obtención de harina a partir de las semillas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*).
- Ranasinghe, R. A. S., & Marapana, R. A. U. J. (2019). Effect of maturity stage on physicochemical properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) flesh. <http://dr.lib.sjp.ac.lk/handle/123456789/12104>
- Saravia, V. (2022). Extracción y caracterización de taninos en corteza de 3 especies forestales cultivadas en guatemala, pino ocote.
- SIAP (Secretaría de Información Agroalimentaria Y Pesquera) (2017, 13 junio). Jackfruit, Jaca, yaca. ¿la conoces? Gobierno de México. Recuperado 10 de enero de 2024, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/jackfruit-jaca-yaca-la-conoces>



- Singleton, V.L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology*, Lester, P (Ed.), 152-178. Academic Press.
- Sreeja Devi, P. S., Kumar, N. S., & Sabu, K. K. (2021). Phytochemical profiling and antioxidant activities of different parts of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae): A review on current status of knowledge. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s43094-021-00178-7>
- Srivastava, R., & Singh, A. (2020). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) biggest fruit with high nutritional and pharmacological values: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9 (8), 764-774. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.082>
- Udenigwe, C. C., Lu, Y. L., Han, C. H., Hou, W. C., & Aluko, R. E. (2009). Flaxseed protein-derived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. *Food Chemistry*, 116 (1): 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.046>
- Utari, A., & Warly, L. (2021). Tannin contents of jackfruit leaves (*Artocarpus heterophyllus*) extract and moringa leaves (*Moringa oleifera*) extract as functional additive feed in ruminan livestock. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 757, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Vega, J. C., Cañarejo, M. A., Cabascango, O. N., & Lara, M. V. (2019). Deshidratado de *Physalis peruviana* L. en dos estados de madurez y su efecto sobre el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante, carotenos, color y ácido ascórbico. *Información Tecnológica*, 30 (5), 91-100. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500091>
- Villalba-Peralta, V., Gama-Gálvez, M. Á., Gabriel-Salmerón, B., Galindo-Ramos, G., & Vargas-Sotomayor, N. A. (2023). Evaluación química, actividad antioxidante y cuantificación de flavonoides de la semilla y cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7 (1), 7348-7372. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4973

