



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y
FUNCIONALES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y
CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES DE LA PULPA
DE YACA LIOFILIZADA (ARTOCARPUS
HETEROPHYLLUS)**

**EVALUATION OF CHEMICAL AND FUNCTIONAL
PROPERTIES, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND FLAVONOID
QUANTIFICATION OF LYOPHILIZED JACKFRUIT PULP
(ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS)**

Josue Moreno Zaragoza

Investigador Independiente, México

Gonzalo Moctezuma García

Investigador Independiente, México

María de los Ángeles Gama Gálvez

Investigador Independiente, México

Beatriz Gabriel Salmerón

Investigador Independiente, México

Yolanda Catalán Cardeño

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10930

Evaluación de las Propiedades Químicas y Funcionales, Actividad Antioxidante y Cuantificación de Flavonoides de la Pulpa de Yaca Liofilizada (*Artocarpus Heterophyllus*)

Josue Moreno Zaragoza¹
josueibq19@gmail.com
Investigador Independiente
México

Gonzalo Moctezuma García
GonzaloINGIBQ1@hotmail.com
Investigador Independiente
México

María de los Ángeles Gama Gálvez
maria.gg@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2687-1990>
Investigador Independiente
México

Beatriz Gabriel Salmerón
beatriz.gs@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-6785-1342>
Investigador Independiente
México

Yolanda Catalán Cardeño
yolanda.cc@acapulco.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México Campus
Acapulco
México

¹ Autor principal
Correspondencia: galindoramos@hotmail.com

RESUMEN

En el país al año se producen aproximadamente 30,000 ton de yaca, de las cuales el 90 % son del estado de Nayarit. Es el fruto más grande del mundo, además es una fuente rica en carbohidratos, proteína, compuestos antioxidantes como las vitaminas A y B. Sin embargo, es poco el aprovechamiento de todas sus propiedades, debido a que es un fruto traspatio, gran parte de esto se debe a la falta información científica. Debido a la problemática de salud pública que hay en obesidad, diabetes y enfermedades cancerígenas. Existe la gran necesidad de incrementar la ingesta de los alimentos nutraceuticos, por lo que abre un sector de investigación donde se requiere caracterizar nuevas alternativas de alimentos que puedan además de aportar nutrientes, dar un control y prevención de enfermedades crónico-degenerativas. El objetivo del trabajo fue evaluar las propiedades químicas, funcionales y actividad antioxidante de la pulpa de yaca liofilizada. Para obtener mayor rendimiento de los compuestos antioxidantes se optó por usar liofilización para el secado de la pulpa. Se destacó un aumento del 50.21 % en carbohidratos totales y del 11 % en lípidos con respecto a estudios publicados por otros autores. Se cuantificaron los (ácidos urónicos=103.2098 mg Equivalentes de Ácido Galacturónico/g b.s., taninos condensados=4.4154 mg Equivalentes de Catequina/g b.s. y fenoles totales=58.6910 µg Equivalentes de Ácido Gálico/ g b.s.), se evaluó la capacidad antioxidante por los ensayos DPPH[•] (59.74 % de inhibición) y ABTS^{•+} (67 % de inhibición) para el método por ABTS^{•+} se analizaron los factores tiempo-temperatura vs disolvente donde las condiciones óptimas de extracción con metanol fueron (70° C; 12 min) y con agua (60 °C; 5min), el contenido de flavonoides fue de 0.100 mg Equivalentes de Quercetina / g b.s. A partir de lo anterior, se considera que la pulpa de yaca contiene los compuestos característicos de un alimento nutraceutico para poder ser aprovechados en la industria alimentaria en darle valor agregado al fruto y poder potenciar su comercialización en México.

Palabras Clave: *Yaca, antioxidantes, flavonoides, liofilización, DPPH[•], ABTS^{•+}*



Evaluation of Chemical and Functional Properties, Antioxidant Activity and Flavonoid Quantification of Lyophilized Jackfruit Pulp (*Artocarpus Heterophyllus*)

ABSTRACT

The country produces approximately 30,000 tons of jackfruit each year, of which 90% are from the state of Nayarit. It is the largest fruit in the world, it is also a rich source of carbohydrates, protein, antioxidant compounds such as vitamin A and B. However, it is little to take advantage of all its properties, because it is a backyard fruit, much of this is due to the lack of scientific information. Due to the public health problems that exist in obesity, diabetes and carcinogenic diseases. There is a great need to increase the intake of nutraceutical foods, so it opens a research sector where it is required to characterize new food alternatives that can, in addition to providing nutrients, control and prevent chronic-degenerative diseases. The objective of this study was to evaluate the chemical, functional and antioxidant properties of lyophilized jackfruit pulp. To obtain greater yield of the antioxidant compounds, it was decided to use lyophilization for drying the pulp. An increase of 50.21% in total carbohydrates and 11% in lipids with respect to studies published by other authors was highlighted. The (uronic acids=103.2098 mg Galacturonic Acid Equivalents/g b.s., condensed tannins = 4.4154 mg Catechin equivalents / g b.s. and total phenols = 58.6910 µg Galic acid equivalents / g b.s.), the antioxidant capacity was evaluated by the DPPH[•] (59.74 % inhibition) and ABTS^{•+} (67 % inhibition) tests for the method by ABTS^{•+} the time-temperature vs. solvent factors were analyzed where the optimal extraction conditions with methanol were (70° C; 12 min) and with water (60 °C; 5min), the flavonoid content was 0.100 mg Quercetin Equivalents / g b.s. From the above, it is considered that jackfruit pulp contains the characteristic compounds of a nutraceutical food to be used in the food industry to give added value to the fruit and to enhance its commercialization in Mexico.

Keywords: *Yaca, Antioxidants, flavonoids, lyophilization, DPPH[•], ABTS^{•+}*

Artículo recibido 23 marzo 2024

Aceptado para publicación: 25 abril 2024



INTRODUCCIÓN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*), es un árbol perennifolio que alcanza un tamaño de 10-20 m de alto con copa densa. Tronco de 3-4 m de circunferencia, con corteza de color marrón rojizo, lisa, ramitas jóvenes glabras. Hojas con 2-3 cm de largo pecíolo; elípticas a obovadas de 8-15 cm de largo, 4 a 10 cm de ancho; estípulas grandes, espatáceas, de 5-8 cm de largo. El fruto es un sincarpo oblongo-globoso, colgando en el tronco, masivo, 25-100 cm de largo, 20-25 cm de diámetro, carnoso, marrón externamente, pulpa que va del amarillo al anaranjado, así como del amarillo al blanco. Las semillas son de forma aproximadamente reniforme, de 2-3 cm de largo, integradas en la pulpa, por lo que es difícil la extracción de la pulpa. Se considera una fruta exótica, tropical y climatérica. Puede llegar a pesar hasta los 40 kg es por ello que es considerada la fruta más grande del mundo, también se le conoce como la fruta de los siete sabores (durazno, melón, mango, piña, plátano, kiwi y naranja). El fruto se comercializa de forma directa y es considerado un fruto traspatio. La capacidad antioxidante de un alimento se debe al contenido y al tipo de sus compuestos químicos, entre los cuales están los compuestos fenólicos, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, taninos y flavonoides Ritva Repo de Carrasco, (2018). Los antioxidantes actúan potenciando el sistema inmunológico. Vilaplana, (2007). En este sentido un antioxidante es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos Patthamakanokporn, (2008), Es por ello que se decidió usar la liofilización ya que es un método de secado que permite mantener la integridad de los compuestos antioxidantes Segado Hernández & Segado Hernández, 2016, ya que en su mayoría son termolabiles (sensibles al calor), por lo que un secado por estufa los degradaría. Por lo tanto, el uso del método de secado por liofilización en la pulpa de yaca fue una alternativa a los estudios realizados por secado convencional, considerando que se encontró un alto contenido en lípidos y carbohidratos totales, así como también un alto porcentaje de la capacidad antioxidante esto se puede atribuir a los compuestos fenólicos cuantificados, dado que la presencia de este tipo de compuestos en alimentos actúan sobre los radicales libres, el consumir este tipo de alimentos funcionales ayudará



en el control y prevención de enfermedades crónico-degenerativas, además de fomentar su producción en el sector agrícola.

METODOLOGÍA

Obtención de la Materia Prima: El muestreo del fruto de yaca se realizó en el pueblo Petatlán, Guerrero en un estado de maduración organoléptica. El estudio de la pulpa de yaca liofilizada se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación del Instituto Tecnológico de Acapulco.

Liofilización y Molienda: La pulpa fue previamente molida en una licuadora casera y congelada durante 12 h en charolas de acero, se sometió a liofilización en una liofilizadora Thermo Super Modulyo freeze drye-20 liter, con una presión de vacío de 202.65 KPa y una temperatura de -50°C, el proceso se prolongó durante 12 h. La muestra fue molida en licuadora metálica y tamizada en un set de tamices hasta obtener un tamaño de partícula de 90 µm, se empaquetó en bolsas ziploc dentro de desecadores a temperatura ambiente hasta su uso.

Análisis Físicoquímicos y Proximales: Para las determinaciones de tamaño de partícula, pH, acidez titulable, densidad, °Brix, humedad, cenizas, lípidos y proteínas se utilizaron los métodos oficiales de análisis (AOAC, 1980).

Análisis de carbohidratos

Hidrólisis ácida

Para la hidrólisis ácida se pesó 0.01 g de yaca liofilizada, se le adicionó 250 µL de ácido sulfúrico al 72% dejando reaccionar a temperatura ambiente durante 30 min, transcurrido el tiempo se agregó 2.7 mL de agua destilada sometiendo la muestra a ebullición en baño María durante 1 hora, se dejó enfriar durante 5 min y se aforó a 50 mL con agua destilada después se hizo un microfiltrado utilizando un equipo de microfiltración con un millipore Millex/Ireland de membrana de 0.45 µm., el filtrado se mantuvo en refrigeración en un matraz aforado de 50 mL.

Determinación del Contenido de Azúcares Reductores por el Método de Somogyi-Nelson

En un tubo de ensaye se colocó 125 µL de la hidrólisis ácida, con 125 µL de reactivo de Somogyi, se agitó 10 segundos en vórtex, posteriormente se colocó a baño María por 40 min, transcurrido el tiempo se enfrió en baño de agua-hielo durante 5 min y se añadieron 125 µL del reactivo de Nelson, se agitó nuevamente en el vórtex, se enfrió por 10 min, por último se ajustó a 2 mL con



agua destilada y se agitó nuevamente para leer la absorbancia a 610 *nm* en un espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China. La curva de calibración se realizó utilizando glucosa a 180 ppm como estándar para obtener el valor de absorbancia a concentración conocida de 0 a 100 ppm con intervalos de 20, completando el volumen a 125 μ L con agua desionizada se leyó a 610 *nm*. Este procedimiento se realizó por sextuplicado.

Determinación de Azúcares Totales por la Metodología Descrita por Dubois, (1956).

Preparación de la Muestra

Para el extracto acuoso se pesaron 1 g de pulpa de yaca liofilizada y se disolvió en 2000 mL de agua destilada, se colocó en agitación magnética durante 30 min, enseguida se hizo pasar por un equipo de microfiltración con un millipore de 0.45 μ m Watman. El microfiltrado se guardó en refrigeración a 5°C para su posterior análisis.

El contenido de azúcares totales se determinó, colocando 1 mL del extracto acuoso en un tubo de ensayo y agregando 1 mL de agua destilada, 100 μ L de Fenol al 5% se agitó ligeramente y se le agregó 5 mL de ácido sulfúrico concentrado y se agitó en vórtex, posterior los tubos se colocaron en un baño María en ebullición por 5 min. Se dejó enfriar 5 min para leer la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China a 490 *nm*. Se preparó una curva de calibración utilizando glucosa como estándar a una concentración de 250 ppm para obtener el valor de absorbancia a concentración conocida de 0 a 90 ppm con intervalos de 15 ppm, completando el volumen a 250 μ L con agua desionizada. Este procedimiento se realizó por sextuplicado.

Análisis Químico

La cuantificación de fenoles totales se llevó a cabo por el método de Folin-Ciocalteu, en base al método reportado por Ding, (2006).

Para el extracto metanólico se usó 1 g de pulpa de yaca liofilizada, agregando 25 mL de metanol al 80%, se dejó por 24 h en agitación magnética, transcurrido el tiempo se centrifugó y se tomó una alícuota de 100 μ L del sobrenadante, se le dio el mismo tratamiento que a la curva de calibración. Para la construcción de la curva de calibración se prepararon los siguientes reactivos: carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 7.5%, Folin-Ciocalteu al 1 N y como estándar Ácido Gálico a 200 ppm cuyas concentraciones para la curva fueron de 2, 3, 4, 5 y 6 ppm con el fin de expresar

los resultados en equivalentes de ácido gálico (E.A.G. / g de base seca). A cada concentración se le adicionó 250 μL del reactivo de Folin-Ciocalteu se agitó en vortex por 5 segundos y enseguida se agregó 1250 μL de carbonato de sodio (Na_2CO_3) ajustando con agua destilada a 3 mL se dejó reaccionando en oscuridad por 30 min. Transcurrido el tiempo se leyó a 760 *nm* en un espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China. El blanco se preparó sustituyendo la muestra por agua destilada, dándole el mismo tratamiento que a la muestra.

Para la determinación de ácidos urónicos se usó la metodología descrita por Blumenkrantz & Asboe-Hansen, (1973). Para el análisis de la muestra se usó la metodología descrita de hidrólisis ácida en Azúcares Reductores modificando la cantidad de muestra a 24 mg b.s., se tomaron 150 μL de muestra hidrólizada y se le adicionaron 1.2 mL de tetraborato de sodio 0.0125 M en ácido sulfúrico, después se refrigeró durante 10 min, se colocó en baño María hasta ebullición durante 5 min, posteriormente se enfrió en baño de hielo adicionando 20 μL de metahidroxidifenilo (MHDF). Se dejó reaccionar durante 30 min y se leyó a una longitud de onda de 520 *nm*.

Para la determinación de Ácidos Urónicos se usó la metodología descrita por Blumenkrantz & Asboe-Hansen, (1973), se utilizó el estándar de ácido gálico a 200 ppm y se construyó la curva de calibración a partir de las siguientes concentraciones 0, 10, 20, 40 y 60 ppm. Se tomaron 10, 20, 40 y 60 μL de la solución stock de ácido galacturónico y se ajustó a un volumen de 200 μL con agua destilada, seguido de esto se le adicionó 1.2 mL de tetraborato de sodio en ácido sulfúrico ($\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), las soluciones se refrigeraron por 10 min transcurrido el tiempo se sometieron a baño María a 100 °C por 5 min, se enfriaron en baño de hielo adicionando 20 μL de metahidroxidifenilo (MHDF), se dejó reaccionar 30 min a temperatura ambiente para su posterior lectura en el espectrofotómetro.

El análisis de taninos fue realizado por el método de vainillina/HCl como lo describe Ricco, Agudelo, & Wagner, (2015).

Para el análisis de la muestra se realizó un extracto metanólico agregando 1 g b.s. de muestra a 30 mL de metanol y se dejó en agitación magnética protegido de la luz por 24 h. Transcurrido el tiempo a 1 mL del extracto se le adicionó 5 mL del reactivo Vainillina, se dejó reaccionar durante

30 min y se leyó a 500 *nm* en un espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China. El análisis de la muestra se realizó por sextuplicado.

Para la curva de calibración se preparó el reactivo de Catequina a una concentración de 3 mg/mL en metanol. Se prepararon los siguientes reactivos: Solución de vainillina al 1%, HCl al 8% y 4% utilizando como solvente metanol. A partir de estos reactivos se elaboró el reactivo de vainillina, tomando una relación 50:50 de las soluciones de vainillina al 1% y HCl al 8%. Las concentraciones para la curva fueron de 0.03-0.21 mg/mL con aumentos de 0.03 mg/mL. Tomando 1 mL de las concentraciones se le adicionó 5 mL del reactivo de vainillina se dejó reaccionar por 30 min en oscuridad. Transcurrido el tiempo se leyó a 500 *nm* en un Espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China. Para la lectura se preparó un blanco sustituyendo el reactivo de vainillina por HCl al 4% en metanol, se hizo un blanco por cada concentración de Catequina.

Análisis de la Actividad Antioxidante

Ensayo DPPH^{} (2,2-difenil-1-picrilhidracilo)*: La determinación de la actividad antioxidante se llevó a cabo por el método DPPH^{*} (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) descrita por W. Brand-Williams, (1995).

Se preparó una solución de DPPH^{*} con una concentración de 0.025 mg/mL y trolox a 0.001 g/mL para realizar la curva de calibración con las siguientes concentraciones 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 y 0.35 g/mL.

El extracto se preparó en un frasco protegido de la luz con 5 g de muestra de pulpa de yaca liofilizada y 25 mL de metanol al 80%, se colocó en agitación magnética durante 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugó y se tomó una alícuota del sobrenadante 100 μ L para cada tubo de ensayo se le agregaron 3.9 mL de la solución de DPPH^{*}, se dejaron reaccionar durante 30 min en oscuridad. Transcurrido el tiempo se procedió a leer los tubos a una longitud de onda de 517 *nm* en un espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China y se calculó el porcentaje de inhibición. El blanco fue solo metanol al 80% para la lectura de curva de calibración y muestra. Se tomó la lectura del DPPH^{*} contra el mismo blanco para el cálculo del porcentaje de inhibición.

Ensayo ABTS^{•+} (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6- ácido sulfónico): Para la evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS^{•+} se siguió la metodología propuesta por Romay , (1996) con ciertas modificaciones. Para los extractos se pesó 1 g de pulpa de yaca liofilizada y se construyó un diseño experimental que consistió en evaluar 3 factores temperatura, tiempo y solvente. De la siguiente manera: las temperaturas fueron (60 °C, 70 °C y 80 °C), el tiempo fue (5 min, 12.5 min y 20 min) con los solventes (metanol 99.99 % y agua destilada).

Para la evaluación de la capacidad antioxidante por el método ABTS^{•+} se construyó una curva de calibración utilizando una solución de trolox de 1 mg/mL y se realizaron diluciones de 0.05 a 0.20 mg/mL con intervalos de 0.05. Se preparó una solución del reactivo ABTS^{•+}.

Para los extractos se pesó aproximadamente 1 g de muestra de pulpa de yaca liofilizada y se expuso a diferentes factores de extracción: temperatura, tiempo y solvente en oscuridad. cada extracto se microfiltró por separado en un equipo de microfiltración con un millipore de 0.45 µm millex/Ireland. Posteriormente se tomaron 100 µL de cada muestra por triplicado y se le agregaron 3.9 mL del reactivo ABTS^{•+} se agitó en vórtex y se dejó reaccionar durante 30 min. Se registraron las absorbancias a una longitud de onda de 734 nm en un Espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China, se calculó el porcentaje de inhibición y se realizó un análisis estadístico (ANOVA) para reportar los resultados.

Cuantificación del Contenido Total de Flavonoides: Para la determinación de flavonoides se llevó a cabo por la metodología descrita por Chia-chi *et al* (2002).

Para la determinación de flavonoides se preparó una curva patrón utilizando una concentración de quercetina de 0.025 g en 250 mL de etanol al 80% (0.1 mg quercetina/mL etanol 80%) protegido de la luz. A partir de este se prepararon concentraciones de 0.0066 a 0.0331 mg/mL. Se agregó 1.5 mL de etanol al 96%, 0.1 mL de cloruro de aluminio anhidro al 10%, 0.1 mL de acetato de potasio y 2.8 de agua destilada. Se dejó reaccionar durante 30 min y se leyó a 415 nm en un Espectrofotómetro UV-Vis Metash 6000/China.

Se preparó un extracto etanólico con 0.5 g de muestra de pulpa de yaca liofilizada en 20 mL de etanol al 96% y se dejó en agitación magnética durante 24 h protegido de la luz. Se tomaron 500 µL y se trató de igual manera que a la curva de calibración tomando el lugar de la Quercetina.

Los tubos se dejaron reaccionar durante media h después se registró su absorbancia a una longitud de onda de 415 nm por sextuplicado. Para preparar el blanco se reemplazó el cloruro de aluminio anhidro por agua destilada en la curva de calibración y en la lectura de la muestra.

Análisis estadístico: Todos los análisis fueron por sextuplicado y se reportaron como la media \pm desviación estándar (DE). Los ensayos de actividad antioxidante fueron mediante la prueba (ANOVA), se comparó la media de todos los grupos por pares (Tukey) con una significancia de ($p < 0.05$) usando el programa Sigma Plot v.12.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 690 g de pulpa de yaca fresca se obtuvieron 105 g de pulpa liofilizada, lo que corresponde a un rendimiento del 15.21%. Los análisis fisicoquímicos no están afectados debido a la liofilización. En la tabla I se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos donde la densidad es de 0.4909 g/mL, donde en comparación con pulpa de yaca fresca Kalse (2018) reportan 0.80 ± 0.02 g/mL. Por otra parte, el pH reportado en el artículo Rosnah Shamsudin, (2009) obtuvo una cinética de pH en base a los estados de maduración que va desde 4.70 a 5.72 pH y Nanjundaswamy, (1990) reportó un pH de 5.1 como se puede observar el valor de pH obtenido al reportado por estos autores es similar. La acidez titulable (expresada como % ácido cítrico) para muestras liofilizadas presentó 3.2863%. De acuerdo con los datos reportados por Rosnah Shamsudin, (2009) la yaca fresca presentó una acidez titulable que oscila de 0.27% a 0.75% este valor es menor al obtenido en el estudio debido al estado de madurez de la yaca. Los sólidos solubles se determinaron por refractometría expresados en °Bríx. Es decir, un fruto con madurez comercial seguramente contendrá un bajo porcentaje de acidez y un alto contenido de °Bríx (1 °Bríx es igual a 1 g de sacarosa en 100 g de agua) a mayor contenido de azúcares será menor el porcentaje de acidez. La muestra de pulpa de yaca liofilizada presentó 1 °Bríx y en muestra fresca 18 °Bríx los cuales al ser comparados con los resultados reportados por Haq, (2006) tienen un intervalo de °Bríx respecto a su maduración en fresco de 13.8-25.3 lo que concuerda, con el resultado presentado de yaca con en un estado de madurez organoléptica.

En la tabla I se muestran los resultados de análisis proximales, la humedad que se reporta es la cantidad de agua después del liofilizado, a comparación con los reportados por Romero Reyes,



(2015) presenta 84.20% de humedad, haciendo un análisis de la cantidad de agua que perdió la yaca durante el proceso de liofilizado y sumándole el contenido de agua después del liofilizado se obtiene un 85.24% un resultado muy similar al reportado por Romero Reyes. Se calculó el factor de humedad a partir del contenido de humedad después del liofilizado para reportar los resultados en base seca, obteniendo 3.11 factor de humedad.

Con respecto al contenido de cenizas totales se obtuvo un contenido de $3.39 \pm 0.05\%$, este resultado es mayor al reportado por Romero Reyes, (2015) quien reportó un contenido de cenizas de 1.30%. Estos autores reportan un contenido de grasa de 0.5% y de proteína 10.03%, con respecto al contenido de grasa en pulpa yaca liofilizada se obtuvo un porcentaje de $11.5016 \pm 0.811\%$, destacando un aumento del 11.0016%. En caso contrario el contenido protéico bajó a $0.2153 \pm 0.005\%$ con respecto al reportado por estos autores. Esta diferencia probablemente puede ser atribuida a la zona de cultivo.

Usando la curva estándar para azúcares totales se obtuvo un contenido de 629.336 mg /g muestra en base seca notablemente mayor a lo reportado por JagadeeshSL, (2007) donde reportan 313.3 mg/g existiendo un aumento de 316.03 mg/g, estos autores reportaron un contenido de azúcares reductores de 133.7 mg/g siendo que en la presente investigación se reportó 30.95 mg/g existe una disminución de 102.75 mg/g usando la curva de calibración de la figura 1. La variación del contenido de azúcares puede deberse a la técnica de extracción, tipo de disolvente y método de secado de la pulpa de yaca, en este sentido el contenido de azúcares depende del estado de madurez del fruto, condiciones climatológicas y tipo de suelo.

Para realizar la cuantificación de fenoles totales extraídos se realizó una curva estándar, obteniendo un contenido de fenoles totales de $58.6 \pm 0.8 \mu\text{g}$ equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra en base seca (tabla II), este resultado es menor al proporcionado por Bapat, (2010) donde reportó $210 \pm 0.012 \mu\text{g}$ EAG probablemente se debe a la recolección en estado maduro hecha en la India. El contenido de ácidos urónicos fue de $103.2 \pm 3.7 \text{ mg}$ equivalentes de ácido galacturónico por gramo de muestra (10.3%) este resultado es similar al presentado anteriormente Tan, (2017) donde reportó 15.6% de ácidos urónicos en la fruta fresca. La cuantificación de taninos condensados fue $4.4154 \pm 0.0070 \text{ mg}$ equivalentes de catequina por

gramo de muestra, siendo este parámetro un aporte para futuras investigaciones dado que no existen reportes de taninos condensados en la pulpa de yaca; sin embargo, hay que tomar en cuenta el elevado potencial antioxidante de estos compuestos en circunstancias adecuadas a niños, adultos o personas de la tercera edad con alguna enfermedad degenerativa, le puede conferir un efecto protector de la salud Vázquez-Flores, (2012). El resultado de flavonoides fue de 0.1009 ± 0.007 mg E. Quercetina/g b.s., similar al reportado por Redemtor Awuor Ojwang (2018) donde el contenido de flavonoides es de 0.18-0.29 mg equivalentes de quercetina por gramo de muestra en base seca, con estos resultados se demostró que la liofilización no afectó el contenido total de flavonoides y tampoco de ácidos urónicos.

Los resultados obtenidos para la actividad antioxidante mediante el método descrito por Brand-Williams (1995) se muestran en la tabla III, obteniendo una inhibición del 59.7%, esto implica que la yaca liofilizada presenta mayor capacidad antioxidante a lo reportado por Redemtor Awuor Ojwang (2018) 15.47-15.49%. Así mismo a través de la ecuación de la recta de DPPH* se obtuvo 0.8549 ± 0.0074 mg Eq. Trolox por gramo de muestra en base seca. La evaluación actividad antioxidante por el método de ABTS** se muestran en la tabla IV, a partir de estos resultados se realizó un ANOVA destacando el extracto número dos con 67.0123% que muestra la mayor diferencia significativa a comparación de las otras 5 extracciones, usando como disolvente metanol por un tiempo de 12:30 min a una temperatura de 70 °C y el extracto número 4 con 58.5185% de inhibición sería una alternativa al para no usar metanol como disolvente si no agua dado que es más amigable por la toxicidad del metanol.

En la figura 1 se puede apreciar una gráfica elaborada con el programa Statgraphics generada a partir de los datos del ANOVA, a medida que aumenta el tiempo con la temperatura con respecto al agua disminuye el porcentaje de inhibición, caso contrario con el metanol a medida que aumenta la temperatura hay un mejor porcentaje de inhibición, sin embargo a temperaturas mayores a 80°C y con extracción con metanol se pierde la capacidad de extraer los antioxidantes, esto es debido a que los compuestos fenólicos y en general los antioxidantes son termolábiles (sensibles al calor) con esto se estableció un rango de confianza de 60 °C a 80 °C con respecto a

la temperatura a la hora de llevar a cabo extracción de antioxidantes en pulpa de yaca liofilizada por el método de ABTS⁺.

CONCLUSIONES

A partir de los análisis realizados se ha demostrado por primera vez que la pulpa de yaca al ser sometida a liofilización conserva sus propiedades fisicoquímicas y antioxidantes dado que no se encontró evidencia bibliográfica de estudios de pulpa de yaca liofilizada donde se analicen los parámetros abordados en la presente investigación en este sentido las cuantificaciones se discutieron con datos de investigaciones de pulpa de yaca por secado convencional. El uso de este tipo de secado es costoso por el alto consumo de energía, pero a la vez las ventajas son significativas como se demostró en los análisis de composición química y antioxidantes, además la pérdida de agua facilita la transportación y el almacenamiento. En este sentido se dieron las condiciones óptimas de extracción de antioxidantes naturales por el método de ABTS⁺, *Artocarpus heterophyllus* demostró ser un rico alimento en contenido de las macromoléculas esenciales, con presencia de antioxidantes naturales que pueden ser aprovechados en la industria farmacéutica y alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Francisco Javier Verónico Sánchez por la donación de material y reactivo para llevar a cabo la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. (1980). Official Methods of Analysis (Vol. 1). Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Bapat, U. B. (2010). Evaluation of Antioxidant Capacity and Phenol Content in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Fruit Pulp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 99–104.
- Baslingappa Swami, S., & Baban Kalse, S. (2018). Jackfruit (*artocarpus heterophyllus*): biodiversity nutritional contents, and health. *Bioactive Molecules in Food*, 41(6), 1-23.
- Blumenkrantz, N., & Asboe-Hansen, G. (1973). New method for quantitative determination of uronic acids. *pubmed*, 54(2), 484-489.



- Chi Chang, C., Hua Yang, M., Mei Wen, H., & Chuan Chern, J. (2002). Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.
- Ding, Z. T. (2006). Physiological response of loquat fruit to different storage conditions and its storability. *Postharvest biology and technology*, 41(2), 143-150.
- Dubois, M. G. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- European Commission. (2023). Ethical Guidelines on the Use of Artificial Intelligence (AI) and Data in Teaching and Learning for Educators. Available online: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d81a0d54-5348-11ed-92ed-01aa75ed71a1/language-en>
- García Pérez , M., & Rodríguez López, C. (2022). Factores Asociados a la Obesidad y su Impacto en la Salud: un Estudio de Factores Dietéticos, de Actividad Física y Sociodemográficos. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 3(2), 01-15. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v3i2.31>
- Haq, N. (2006). Jackfruit, *Artocarpusheterophyllus*, Southampton Center for UnderutilisedCrops, University of Southampton. *Experimental Agriculture*, 43(3), 192.
- Lingegowdaru, J. (2007). Inter tree variability for fruit quality in jackfruit selections of Western Ghats of India. *Scientia Horticulturae*, 112(4), 382-387.
- Nanjundaswamy. (1990). Processing of untapped indigeneous fruits. *Proceedings of National Seminar on Production, Processing, Marketing and Export of Untapped Indigeneous Fruits and Vegetables* (pp. 84-87). New Delhi: Indian Institute of Agricultural Research.
- Patthamakanokporn, O. P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journals Food Composition Analysis*, 21(3), 241-248.
- Redemtor Awuor Ojwang, E. K. (2018). Compositional, Elemental, Phytochemical and Antioxidant Characterization of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Pulps and Seeds from Selected Regions in Kenya and Uganda. *European Journal of Medicinal Plants*, 23(3), 1-12.



- Ricco, R. A., Agudelo, I. J., & Wagner, M. L. (2015). Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. *Lilloa*, 52(2), 161-174.
- Ritva Repo de Carrasco, C. R. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124.
- Romay C1, P. C. (1996). The reaction between ABTS radical cation and antioxidants and its use to evaluate the antioxidant status of serum samples. *Braz J Med Biol Res.*, 29(2), 175-183.
- Romero Reyes, V. P. (2015). Efecto del secado convencional y la liofilización sobre el color de la fruta de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)lam. In J. R. Velázquez Martínez, & C. A. Corzo Sosa, *Aportaciones a las ciencias alimentarias (Primera edicion ed., Vol. 1*, pp. 129-137). Villahermosa, Tabasco: UJAT.
- Rosnah Shamsudin, C. S. (2009). composiciones químicas del jugo de yaca (*Artocarpus cultivar j33* durante el almacenamiento). *Diario de ciencias aplicadas*, 9(17), 3202-3204.
- Ruíz Ledesma, E. F., Córdova Pérez., C., & Montiel Sánchez, A. S. (2023). Errores comunes en estudiantes universitarios al trabajar con la integral definida. *Emergentes - Revista Científica*, 3(2), 21-31. <https://doi.org/10.60112/erc.v3i2.29>
- Rivera, M., & Pérez, C. (2023). Factores Asociados a la Obesidad y su Impacto en la Salud: Un Estudio de Factores Dietéticos, de Actividad Física y Sociodemográficos. *Sapiencia Revista Científica Y Académica* , 3(2), 145-160. <https://doi.org/10.61598/s.r.c.a.v3i2.59>
- Segado Hernandez, M. d., & Segado Hernandez, C. M. (2016). Analisis de factibilidad para la produccion de frutas liofilizadas. *UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO Quito*, 12-18.
- Silva Herrera , G. A. (2023). La Influencia de las Redes Sociales en el Sistema Judicial. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica* , 2(1), 1-26. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v2i1.7>
- Tan, K. Z. (2017). Physicochemical properties and in vitro antioxidant activities of polysaccharide from *Artocarpus heterophyllus* Lam. pulp. *Carbohydrate Polymers*, 155(1), 354-361.



- Vázquez Flores, A., Alvarez Parrilla, E., López Díaz, J., Wall Medrano, A., & De la Rosa, L. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 84-93.
- Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. *Vitaminas, minerales y suplementos*. Elsevier, 26(10), 79-86.
- W. Brand-Williams, M. E. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.



ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Parámetros Bromatológicos y Físicoquímicos

Parámetros	Contenido
Densidad	0.4909 g/cm ³
pH	5.48
% Acidez	3.2863 ± 0.2812*
°Bríx	1
% Humedad	3.1127 ± 0.11 *
% Cenizas	3.3900 ± 0.05 *
% Lípidos	11.5016 ± 0.81*
% Proteínas	0.2153 ± 0.005*
Carbohidratos totales	629.3360 ± 0.0070 * mg/g b.s.
Carbohidratos reductores	30.9500 ± 0.0182 * mg/g b.s.

Los resultados representan la media de 6 repeticiones ± D.E., b.s.: base seca.

Tabla 2. Compuestos Antioxidantes

Parámetros	Contenido
Fenoles totales	58.6910 ± 0.857* µg E.A.Gal/ g b.s.
Ácidos Urónicos	103.2098 ± 3.7765 * mg E.A.Galac/ g b.s.
Taninos Condensados	4.4154 ± 0.0070 * mg E.Cat/ g b.s.
Flavonoides	0.1009 ± 0.07 * mg E. Quercetina/g b.s.

Los resultados representan la media de 6 repeticiones ± D.E., b.s.: base seca, E.A.Gal: equivalentes de ácido galico, E.A.Galac: equivalentes de ácido galacturónico, E.Cat: equivalentes de catequina.

Tabla 3. Capacidad antioxidante

Ensayo	Valor
DPPH*	0.8549 ± 0.1 mg Eq. Trolox/ g de muestra b.s.
Inhibición	59.7484 %
ABTS ⁺	4.1104mg ± 0.3 mg Eq. Trolox/g de muestra b.s.
Inhibición	67.0123%

Los resultados representan la media de 6 repeticiones ± D.E., b.s.: base seca.

Tabla 4. Resultados del estudio de ABTS⁺

Metanol 99.99 %				
No.	°C	Tiempo(min)	%Inhibición*	mg Eq. Trolox/g de muestra b.s.*
1 ^a	60	5	53.1 ± 0.4e	3.2 ± 0.1
2 ^a	70	12:30	67.0 ± 0.1a	4.1 ± 0.1
3 ^a	80	20	65.9 ± 0.3b	4.0 ± 0.2
Agua				
4 ^a	60	5	58.5 ± 0.1c	3.6 ± 0.1
5 ^a	70	12:30	55.5 ± 0.2d	3.2 ± 0.3
6 ^a	80	20	44.9 ± 0.1f	2.6 ± 0.1

*Media de dos repeticiones ± desviación estándar. Valores con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes con $p < 0.05$. b.s.: base seca.

Figura 1. Interacción Temperatura-tiempo vs Inhibición % de Trolox