

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4973

Evaluación química, actividad antioxidante y cuantificación de
flavonoides de la semilla y cáscara de yaca
(*Artocarpus heterophyllus* Lam)

Víctor Villalva Peralta

villalva.91@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3867-7247>

María de los Ángeles Gama Gálvez

maria.gg@acapulco.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2687-1990>

Beatriz Gabriel Salmerón

bibigali@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6785-1342>

Gerardo Galindo Ramos

galindoramos@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3268-2857>

Nyx Anaid Vargas Sotomayor

nyx.vs@acapulco.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2295-6567>

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco
Acapulco – México

Correspondencia: villalva.91@gmail.com

Artículo recibido 20 enero 2023 Aceptado para publicación: 20 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Villalva Peralta, V., Gama Gálvez, M. de los Ángeles, Salmerón, B. G., Ramos, G. 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

RESUMEN

La yaca es una fruta exótica de la que poco se conoce incluso, y aún más, de sus propiedades funcionales sobre todo de aquéllas partes que se desechan como son la semilla y la cáscara. La caracterización fisicoquímica de la semilla y de la cáscara de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) proporciona información relevante de su composición y cualidades nutricionales. Mediante el análisis de estos parámetros se pretende dar alternativas de aprovechamiento. La elaboración de alimentos funcionales utilizando la semilla y la cáscara de la yaca se constituye en un área de investigación oportuna dadas las investigaciones existentes que reportan beneficios antienviejimiento, anticancerígeno, antihipertensivo, preventivo de úlceras, entre otros. En el presente estudio se determinaron los parámetros fisicoquímicos y bromatológicos: tamaño de partícula, densidad, pH, acidez titulable, contenido de humedad, cenizas, lípidos, proteínas y determinación de azúcares totales y reductores. Se realizó la determinación de fenoles totales, flavonoides y taninos condensados. En base al análisis cuantitativo de estos fitonutrientes se evaluó la capacidad antioxidante de muestras de semilla y cáscara, mediante los ensayos de DPPH• y ABTS•+, con modificaciones en las condiciones de extracción de compuesto, tales como temperatura y solvente; con el fin de optimizar el proceso de extracción.

Palabras clave: *antioxidante; flavonoide; yaca.*

Chemical evaluation, antioxidant activity and quantification of flavonoids from the seed and shell of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam)

ABSTRACT

The jackfruit is an exotic fruit about which little is known, even more so about its functional properties, especially those parts that are discarded, such as the seed and the peel. The physicochemical characterization of the seed and shell of the jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) provides relevant information on its composition and nutritional qualities. Through the analysis of these parameters, it is intended to provide alternatives for use. The elaboration of functional foods using the seed and husk of the jackfruit constitutes a timely research area given the existing investigations that report antiaging, anticancer, antihypertensive, and ulcer preventive benefits, among others. In the present study, the physicochemical and bromatological parameters were determined: particle size, density, pH, titratable acidity, moisture content, ash, lipids, proteins, and determination of total and reducing sugars. Total phenols, flavonoids and condensed tannins were determined. Based on the quantitative analysis of these phytonutrients, the antioxidant capacity of seed and shell samples was evaluated, through the DPPH• and ABTS•+ tests, with modifications in the compound extraction conditions, such as temperature and solvent; in order to optimize the extraction process.

Keywords: *antioxidant; flavonoid; jack.*

INTRODUCCIÓN

La yaca o árbol de pan (como también se le conoce) es una fruta que llegó a México proveniente del continente asiático. La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) es un árbol tropical de hoja perenne nativo de la India que pertenece a la familia de las *Moraceae*. La yaca se cultiva ampliamente en el sur de Asia, Indonesia, Brasil, Malasia y otras regiones tropicales (Che Man, 1995). En México, el estado de Nayarit es el estado de la República que cuenta con la mayor producción de esta fruta; y se reporta que se está expandiendo por otros estados del país. Recientemente se ha impulsado el desarrollo de alimentos con ingredientes agregados que aporten nutrientes en la dieta, los cuales se les conoce como alimentos funcionales. Dado lo reciente del cultivo de la yaca en México, aún no se han implementado los procesos de transformación adecuados, por lo que resulta necesario y conveniente la aplicación de métodos de procesamiento económicos y simples que contribuyan al aprovechamiento de dicho recurso natural. Se ha reportado que la yaca contiene nutrientes y compuestos bioactivos que son de interés en el área de alimentos.

Esta investigación busca realizar el estudio de los compuestos orgánicos naturales presentes en la cáscara y semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam), con la finalidad de darle algún valor agregado en el área agro-industrial; así como también resaltar el aporte de estos compuestos, ya que están en auge los beneficios que estas tienen en el organismo (a través de los llamados alimentos funcionales) que han comprobado el efecto positivo que tienen sobre el organismo.

La presente investigación pretende ampliar el conocimiento de las aportaciones nutrimentales de la semilla y la cáscara de esta fruta para contribuir en la disminución de la problemática de la falta o nulo aprovechamiento de la misma. La semilla y cáscara de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) son subproductos destinados a ser desechados, de los que no se aprovechan las propiedades y beneficios que esta fruta podría aportar por lo que se busca valorar los compuestos bioactivos presentes en estos, con el fin de darle un impulso a la producción y consumo integral de la fruta de yaca, para su aprovechamiento agroindustrial como materia prima para ciertos productos en el área de alimentos, por ejemplo.

El objetivo general de esta investigación es evaluar las propiedades químicas, actividad antioxidante y la cuantificación de los flavonoides de la semilla y cáscara de yaca

(*Artocarpus heterophyllus* Lam), teniendo como objetivos específicos: 1) Cuantificar el contenido de humedad, cenizas, lípidos, proteínas y azúcares (totales y reductores) de la semilla y cáscara de la fruta de yaca, 2) Determinar el contenido de fenoles totales y de taninos, 3) Evaluar la actividad antioxidante mediante los métodos DPPH• y ABTS•+ y 4) Evaluar las condiciones de extracción acuosa y metanólica de la semilla y cáscara de yaca, tomando en cuenta la relación y/o factores temperatura-tiempo y solvente.

La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam), Moraceae nativa de la India es también conocida como yaca, Pan de Pobre, Jackfruit. La fruta, en su interior, es de color amarillo parecido al mango. Su jugo es ligeramente ácido y profundamente dulce, con un sabor que recuerda la mezcla de mango con naranja. El árbol de la jaca es muy adecuado para las tierras bajas tropicales, y su fruta es la más grande dada en árboles, alcanzando hasta los 55 kg (120 lb) de peso, 90 cm (35 in) de largo y 50 cm (20 in) de diámetro. Un árbol de jaca madura puede producir alrededor de 100 a 200 frutas en un año. La yaca es una fruta múltiple, compuesta de cientos a miles de flores individuales y de pétalos carnosos que son comestibles.

El fruto de yaca alcanza de 10-25 kg en peso, en promedio, o más y está conformada por tres partes principales: los bulbos, semilla y piel (que incluye corteza, corazón y partes florales no fertilizados. “El fruto de la yaca es apreciada por su sabor y el aroma de sus bulbos dulces, los cuales representan en promedio el 30% del peso total” (Flores Morales, 2017). La composición y valor nutrimental del fruto se muestran apreciar en la Tabla 1. La textura de la pulpa varía según la variedad. El fruto más dulce tiende a tener carne suave y jugosa. Las variedades menos dulces tienen pulpa firme y crujiente.

En cuanto a su clasificación taxonómica, Tabla 2, la especie *Artocarpus heterophyllus* Lam fue descrita por Jean-Baptiste Lamarck y publicado en *Encyclopédie Méthodique, Botanique* en 1789. Las Moráceas constituyen una familia predominante arbórea, distribuida en su mayoría en las regiones tropicales y subtropicales de los cinco continentes; esta comprende cerca de 60 géneros y más de 1500 especies. Muchas de ellas apreciadas como plantas ornamentales a causa por su vistoso forraje y su amplia copa.

En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, las semillas de yaca constituyen una buena fuente de almidón (22%) y fibra dietética (3.19%) (Hettiaratchi et al, 2011). Las semillas de yaca contienen fitonutrientes como son lignanos, isoflavonas, saponinas que

contribuyen en beneficios a la salud; anticancerígenos, antihipertensivos, antienvjecimiento, antiulcerosos, etc. (James y Friday, 2010). Las semillas representan alrededor del 10% al 15% del peso total de la fruta y poseen un alto contenido de carbohidratos y proteínas. El contenido de amilosa del almidón de semilla de yaca se estima en el orden del 32%. La semilla fresca contiene proteínas crudas (6.06 g), grasa (0.4 g), carbohidratos (38.4 g), fibra (1.5 g), cenizas (1.25 a 1.50 g) y humedad (51.6 a 57.77 g). Así mismo, se ha informado de la presencia de factores anti-nutricionales como el tanino y los inhibidores de la tripsina, resultando en dolencia digestiva cuando se consumen crudos (Chen et al 2016).

La semilla es de forma elipsoide firme y cerosa, ovalada, oblonga. Cada semilla puede alcanzar un tamaño de entre 2 a 4 cm y un peso de entre 2.5 hasta 14 gramos (Gunasena, et al, 1996) con una testa coriácea. Normalmente hay de 100-500 semillas en cada fruto. En el sincarpo la testa es delgada y correosa, dura como un pergamino y arrugado cuando esta seco. La capa interior de la semilla es una textura fina, de color marrón membranoso. El endospermo, si está presente, es muy pequeño. Las semillas de yaca son nutritivas, ricas en potasio, grasas, carbohidratos y minerales. Son raramente utilizadas como ingredientes en preparaciones culinarias.

La corteza de las frutas (incluidas los periantos de frutas no fertilizadas) a puede procesar mecánicamente para jarabes y jaleas. También puede ser la base para la extracción de pectina. Las cáscaras y otras partes residuales de las frutas tienen un alto valor como alimento nutritivo para el ganado, especialmente para las ovejas (Sudiyani et al., 2002). La cáscara, que no tiene valor económico, se ha utilizado para la preparación y obtención de carbón activado (Prahas et al, 2008) y como biocombustible (Soetardji et al, 2014). Estos residuos representan una alternativa para la formulación de alimentos funcionales libres de químicos sintéticos al aprovechar su capacidad antioxidante con lo que se lograría disminuir el porcentaje de desechos provenientes de la industria (Vargas y Vargas et al, 2019).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta investigación es cuantitativa con investigación aplicada y experimental.

Obtención de la Muestra

La yaca utilizada en los análisis fue obtenida de la localidad de Petatlán, Guerrero, México.

Se seleccionó la variedad yaca que posee las características de maduración adecuadas para los análisis. Se extrajeron la semilla y cáscara de la pulpa con las medidas correctas de higiene para evitar posible contaminación de la muestra por microorganismos.

Preparación de la Muestra

Tanto la semilla como la cáscara se secaron en un horno a 60 °C por seis horas para eliminar la humedad. Posteriormente, se le realizó una molienda mecánica y se tamizó con el fin de tener una muestra homogénea (con número de malla de: 20, 25 y 30 mesh).

Pruebas Fisicoquímicas

Las pruebas fisicoquímicas que se llevaron a cabo fueron tamaño de partícula, densidad, pH y acidez titulable.

Tamaño de Partícula

La prueba realizada de tamaño de partícula se concretó a mediante el tamizado de la muestra analizada. Se tomaron tamices de diferente tamaño, con las medidas en el número de malla 14, 16, 20, 25 y 30 mesh, respectivamente. Los tamices se colocaron en cascada (en orden decreciente) de mayor a menor abertura de malla, con el fin de obtener la mayor parte de muestra tamizada con la granulometría más fina.

Densidad

Para la densidad de la muestra analizada se utilizó un picnómetro con capacidad de 25 mL, se registró la diferencia del peso del picnómetro y el peso del mismo con la muestra para obtener el peso de la muestra.

Acidez Titulable

Se siguió la metodología de AOAC 942.15, con ciertas variaciones; se pesaron cinco gramos de muestra y se diluyó en 100 mL de agua destilada, se agitó durante 20 segundos, se tomó una alícuota de 20 mL y se centrifugó a 5000 rpm durante 10 minutos; esto con el fin de separar las partículas más gruesas (precipitado) de la suspensión más clara (sobrenadante). Se tomaron para la titulación 5 mL de sobrenadante (muestra) y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, utilizando como indicador fenoftaleína, cinco gotas. Utilizando $K = \text{Constante de acidez} = 0.064 \text{ meq de ácido cítrico}$. Se determinó la acidez titulable.

Determinación de Humedad

Se determinó de acuerdo al método AOAC 925.10. Se pesaron tres gramos de muestra en cápsula de porcelana a peso constante; se sometió a tratamiento térmico en estufa a

una temperatura de 110 °C por dos horas, una vez transcurrido ese tiempo se dejó en desecador de vidrio por una hora para asegurarse que alcanzaran el equilibrio térmico, se registró el peso de la muestra seca. Se calculó el contenido de humedad por diferencia de pesos.

Determinación de Cenizas

Se siguió la metodología AOAC 923.03. Se pesó un gramo de muestra en cápsula de porcelana a peso constante, se quemó la muestra en parrillas hasta que la muestra denote un color negro característico de la calcinación parcial de la muestra. Se llevó la muestra a una mufla para su calcinación total a una temperatura de 550 °C por 8 horas. Se dejó enfriar en el desecador para después determinar la masa de la cápsula con cenizas por pesada en balanza analítica.

Determinación de Lípidos

Se siguió la metodología AOAC 945.16. Por cada matraz se pesaron tres gramos de la muestra, previamente seca y tamizada, en cartucho de celulosa con la medida adecuada para el extractor Soxhelt. Para la separación de lípidos se utilizó como solvente éter de petróleo en cantidad de 90 mL, que se vierte en el matraz de destilación (este a peso constante) y con perlas de ebullición en su interior; una vez efectuado esto se montó el resto del equipo de extracción. Se sometió a calentamiento, en parrillas, a temperatura de 60 °C; esto con el fin de no descomponer las grasas a altas temperaturas. El equipo de extracción se mantuvo funcionando el tiempo necesario para que sifoneara las veces necesarias (5 sifoneadas), esto para extraer la mayor cantidad de grasas posibles; se extrajo el exceso de éter de la muestra utilizando un rotavapor marca Yamato. Una vez terminada la extracción se sometieron, los matraces con la grasa, a secado en estufa a 110 °C por dos horas. Se dejó enfriar en desecadores para después determinar la masa de estos.

Determinación de Proteínas

Se determinó por medio de la metodología descrita en AOAC 960.52. Se pesaron dos gramos de la muestra previamente desengrasada, se le añadieron dos gramos de sulfato de cobre (CuSO_4), 10 gramos de sulfato de potasio (K_2SO_4), 25 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado y perlas de ebullición: todo estos en cada tubo de digestión Kjehendall. Se someten a calentamiento en el digestor a baja temperatura, aumentándola gradualmente hasta observar desde una coloración negra en los tubos debido a la

carbonización de la muestra hasta una coloración más clara; se continuó calentando durante 30 minutos y después se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se agregaron 100 mL de agua destilada para disolver la reacción, para luego llevarlo a destilar en un matraz, se vertió la mezcla de la muestra y se le agregaron entre 6 a 7 granallas de zinc metálico y 50 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 50%. En un matraz Erlenmeyer se adicionaron 50 mL de ácido bórico (H_3BO_3) al 4% agregando unas gotas de indicador Shiro-Tashiro para recibir el destilado; se debe tener cuidado de que la parte terminal del destilador esté sumergida en la disolución. Se destiló hasta obtener un volumen de 120 mL y hasta el cambio de tonalidad a verde claro. Se tituló el destilado con ácido clorhídrico 0.1 N (HCl) hasta el vire. Se realizaron los cálculos respectivos considerando 6.25= Factor de conversión.

Carbohidratos

Azúcares Totales

Se determinó mediante la metodología descrita por Dubois (1956). Se construyó una curva de calibración por lo que se preparó una solución estándar de glucosa a una concentración de 250 ppm, las concentraciones de la curva fueron de 0 a 225 ppm. Para la muestra se pesó un gramo de muestra (semilla o cáscara de yaca) tamizada y se diluyó en 2000 mL de agua destilada, se dejó en agitación durante 30 minutos; una vez pasado el tiempo se filtró para separar los sólidos disueltos en la solución. Posteriormente, en un tubo de ensaye se añadieron 2 mL de la muestra, 0.1 mL de fenol al 5% y 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, se sometió a agitación a temperatura ambiente por 10 minutos y se mantuvo en reposo durante 15 minutos más; se leyeron los tubos en el espectrofotómetro UV-visible marca Metash 6000 a una longitud de onda de 490 nm.

Azúcares Reductores

Se determinó por el método de Somogyi-Nelson con ciertas modificaciones (Castellanos, 1995). Se realizaron en los siguientes pasos: hidrólisis ácida (de la muestra), curva de calibración (solución stock) y lectura de la muestra problema.

- ***Hidrólisis ácida.*** Se sometió la muestra a una hidrólisis ácida, que consistió en pesar 12 mg de muestra, a la que se le añadieron 125 μ L de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluido al 72% en un tubo de ensaye, se dejó en reposo a temperatura ambiente durante una hora, agitándolo cada 25 minutos. Al cabo de ese tiempo, se agregaron 2.7 mL de agua destilada y se agitó en vórtex durante 4 segundos para después someterlo en

baño maría a ebullición durante una hora; agitando cada 30 minutos. Luego se aforó a 250 mL con agua destilada y se filtró; el producto del filtrado se guardó en refrigeración por 10 minutos.

- **Curva de calibración.** Se realizó utilizando una solución estándar de glucosa a 180 ppm para obtener los valores en las absorbancias con unas concentraciones conocidas de 0 a 100 ppm a intervalos de 20, completando el volumen a 125 μ L de agua destilada.
- **Lectura de muestra problema.** En un tubo de ensaye se adicionaron 125 μ L de la hidrólisis ácida y se le añadieron 125 μ L de reactivo de Somogyi, se agitó en vórtex y se colocó en baño maría a una temperatura de 100°C durante 30 minutos; se retiró del calentamiento y se enfrió en baño con hielo por 5 minutos para después agregarle 125 μ L de reactivo de Nelson, se agitó por unos segundos y se dejó enfriar en baño con hielo por 10 minutos. Posteriormente, se agregaron 2 mL de agua destilada al tubo y se agitó en vórtex; se leyeron los tubos en espectrofotómetro marca Metash 600 a una longitud de onda de 610 nm.

Fenoles

Esta determinación se realizó por el método de Follin-Ciocalteau descrita por (Singleton, 1999), para la cual se preparó un extracto metanólico con un gramo de muestra disuelto en 25 mL de metanol al 80% y se mantuvo en agitación durante una hora debidamente protegido de la luz. Se construyó una curva de calibración por lo que se preparó el reactivo de ácido Gálico a 200 ppm, cuyas concentraciones fueron de 2 a 6 ppm, por lo cual los resultados de expresaron equivalentes de ácido Gálico por gramo de muestra en base seca (μ g. E.A.G/g b.s). Enseguida, se centrifugó y se filtró para separar los sedimentos para después verterlo en un matraz aforado de 25 mL protegido de la luz. Se preparó un tubo de ensaye con 100 μ L de extracto metanólico, se le añadieron 250 μ L de reactivo de Follin-Ciocalteau (1 N), se agitó, y se mantuvo en reposo durante 5 minutos en ausencia de luz. Se agregaron 1250 μ L de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 7.5% y se completó el volumen de 3 mL con agua destilada, se agitó en vórtex y se dejó en reposo por 30 minutos en ausencia de luz. Se leyó la muestra en espectrómetro marca Metash 6000 a una longitud de onda de 760 nm.

Flavonoides

La técnica utilizada para la determinación de flavonoides totales es la descrita por Chang (2006). Se preparó una curva patrón para este análisis con una solución de Quercetina de

0.025 g en 250 mL en etanol al 80%. Las concentraciones utilizadas se muestran en la Tabla 3. Se pesaron 0.5 gramos de muestra y se diluyeron en 25 mL de etanol al 96%, se dejó en agitación por 24 horas en ausencia de luz, pasado el tiempo se centrifugó la muestra y se tomó el sobrenadante. Se prepararon los tubos con la adición de 500 μ L de extracto etanólico, enseguida se agregaron 100 μ L de acetato de potasio (1 N), 2.8 mL de agua destilada, 100 μ L de cloruro de aluminio (10%) y 1.5 mL de etanol al 96%.

Se leyeron las absorbancias con el espectrofotómetro UV-visible marca Metash 6000 a una longitud de onda de 415 nm. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de Quercetina por gramo de muestra en base seca (mg Eq. Querc/g b.s).

Actividad Antioxidante

Método DPPH•

En la determinación de la capacidad antioxidante mediante el radical DPPH•, técnica descrita por Brand-Williams (1995), se preparó una solución de DPPH• con una concentración de 0.025 g/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 mg/mL. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de Trolox por gramo de muestra en base seca (mg E.T/g b.s). Se preparó el extracto para lo cual se pesaron dos gramos de muestra en 25 mL de metanol al 80% y se dejó en agitación en ausencia de luz por 24 horas; una vez pasado el tiempo se centrifugó la muestra durante 10 minutos y se tomó el sobrenadante para después aforarse en 25 mL con metanol al 80%. Posteriormente, se prepararon los tubos con 100 μ L de muestra y se le adicionaron 3.9 mL de solución DPPH•, se agitaron y se mantuvieron en obscuridad por 30 minutos; se registraron las absorbancias a 517 nm en espectrofotómetro marca Metash 6000.

Método ABTS•+

Se determinó la actividad antioxidante mediante el uso del radical ABTS•+, en esta técnica descrita por Romay (1996), se construyó una curva de calibración utilizando una solución de Trolox con una concentración de 1 mg/mL y se realizaron las siguientes diluciones: 0.05, 0.1, 0.15 y 0.20 mg/mL. Se prepararon los extractos con un gramo de la muestra en 25 mL de diferentes solventes (metanol puro y agua destilada) para comparar la extracción de cada uno de ellos, a cada uno se le sometió a temperatura de 60, 70 y 80°C (por un tiempo de 5, 12.3 y 20 minutos, respectivamente). Después el extracto se centrifugó a 5000 rpm durante 8 minutos y se filtró con el fin de separar las partículas

más gruesas y se vertieron en matraces de 25 mL, todo en ausencia de luz. Posteriormente, se tomaron 100 µL de la muestra y se le añadieron 3.9 mL de solución ABTS•+, se agitaron y se mantuvieron en oscuridad por 30 minutos; se registraron las absorbancias a 734 nm en espectrofotómetro marca Metash 6000.

Ácidos Urónicos

Se llevó a cabo la técnica para la determinación de ácidos urónicos mediante el uso del reactivo metahidroxidifenil (MHDF) propuesto por Blumenkrantz y Asboe-Hansen (1973). Se utilizó un estándar de ácido Galacturónico a 200 ppm para la construcción de la curva de calibración con las siguientes concentraciones: 0, 10, 20, 40 y 60 ppm. Los resultados de expresaron en equivalentes de ácido Galacturónico por gramo de muestra en base seca (Eq. Ác.Gal/g b.s). Se preparó un extracto acuoso de la muestra, por lo que se pesaron un 150 mg de la misma y se sometió a hidrólisis ácida con 250 µL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 72%, se dejó en reposo durante 1 hora, se filtró el extracto y se depositó en matraces aforados de 100 ML; luego se preparó un tubo con 200 µL de extracto acuoso y se agregaron 1.2 mL de solución de tetraborato de sodio (Na₂B₄O₇) diluido en ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. Se refrigeró en baño con hielo por 10 minutos para después agitarlo en vórtex. Se calentó en baño maría a ebullición por 5 minutos (los tubos deben ser cubiertos de la parte superior para mantener la temperatura constante). Una vez realizado esto se enfrió en baño con agua/hielo y se le adicionó 20 µL de reactivo de metahidroxidifenilo (MHDF) (este reactivo está compuesto por 3-fenilfenol diluido en hidróxido de sodio (NaOH) al 0.5%). Inmediatamente se agitaron los tubos hasta que se observó cambio de color de transparente a rosa. Se dejó reposar los tubos por 30 minutos. Se leyó en espectrofotómetro marca Metash 6000 a una longitud de onda de 520 nm.

Taninos Condensados

Se realizó el análisis siguiendo la metodología descrita por Price et al (1978). Se construyó la curva de calibración con una solución stock de Catequina a una concentración de 3 mg/mL en metanol puro (grado HPLC). Las concentraciones utilizadas para la curva fueron de 0.03-0.21 mg/mL con intervalos de 0.03 mg/mL. Por lo que los resultados se expresaron en mg equivalentes de Catequina por gramo de muestra en base seca (mg Eq. Cat/g b.s). Se preparó el extracto metanólico; por lo que se pesó un gramo de muestra disuelto en 25 mL de metanol puro y se dejó en agitación 24 horas en frasco ámbar.

Después se centrifugó y se filtró el extracto para ser depositado en frasco ámbar protegido de la luz. Enseguida, se tomó una alícuota de 1 mL del extracto metanólico en tubo de ensaye con 5 mL de reactivo de vainillina (la cual está compuesto por una solución 1/1 de vainillina y HCl al 8%), se dejó en reposo por 30 minutos a oscuridad. Se preparó un tubo con 1 mL de extracto con 5 mL de solución de HCl al 4%; esto como blanco. Se leyó en espectrofotómetro Metash 6000 a una longitud de onda de 500 nm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 4 y 5 se muestran los diferentes porcentajes en el análisis granulométrico de las muestras analizadas.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos de la semilla y cáscara de yaca los resultados obtenidos se reportan en la Tabla 6. En semilla se obtuvo una densidad de 0.65214 g/cm^3 y en la cáscara fue de 0.54721 g/cm^3 , la cual indica que la cáscara es menos densa en comparación con la semilla, eso debido a la estructura y funcionalidad que esta tiene con respecto a la pulpa y/o semilla.

Las condiciones en las cuales se llevó a cabo el análisis de pH y acidez titulable fueron a temperatura ambiente y a una presión 1 atm sobre el nivel del mar. Los resultados se muestran en la Tabla 6, en acidez titulable la semilla obtuvo 0.1404% mientras que la cáscara reportó 0.1701%; de acuerdo con lo reportado por Piña-Dumoulin, (2010) la acidez fue de 0.20% para semilla y un 0.10% para cáscara, lo cual se asemeja a lo reportado. El valor de pH fue de 4.75 y 4.17 para semilla y cáscara respectivamente, lo cual fue bajo en comparación con lo reportado por el mismo autor que registró valores de 5.94-6.80 (en semilla) y 6.02-6.46 (en cáscara).

En el análisis de humedad, la semilla de yaca obtuvo un valor de 59.0229%; lo reportado por Crane (2000) fue de 51-64.5%, por lo que está en el rango. El porcentaje de humedad de la cáscara de yaca fue de 89.9727%. Los valores estimados para la determinación del contenido de humedad (en porciento) se muestran en la Tabla 7.

El contenido de cenizas en ambas muestras reporta una concentración elevada. Los resultados por cada gramo de muestra se representan en la Tabla 7. En el análisis de cenizas en semilla, el valor encontrado fue de 4.5372%, y para cáscara fue de 6.1049%; lo que denota tener en la semilla el valor más alto en comparación con lo reportado por Ocloo (2010) que reporta un 2.7% en la semilla; mientras que Rojas-González (2018) reportaron un 8.69% para la cáscara, lo cual difiere al valor reportado por este autor. De

acuerdo con lo reportado en los análisis la semilla y cáscara de yaca cuentan con un alto contenido de minerales.

El contenido de lípidos en este estudio fue de 0.3801% y 1.4519% para semilla y cáscara, respectivamente. Lo cual se acerca con lo reportado por Chen (2016) que fue de 0.4% y Crane (2000) que fue 0.4-0.43%, para semilla.

En el análisis de proteínas los valores encontrados fueron de 0.2592% (semilla) y 0.7505% (cáscara), por lo que se comparó con lo reportado por Crane (2000) que fue de: 6.6-7.4% en la semilla. Estos valores son mayores en comparación a los obtenidos en los análisis. Los resultados de proteína se muestran la Tabla 8. Los resultados obtenidos se calcularon utilizando el factor de conversión de 6.25.

En la Tabla 9 se muestran los resultados de azúcares totales y reductores. Se reportaron una concentración de azúcares totales de 257.619 mg/g muestra en b.s (25.7619%) para la semilla y 360.779 mg/g muestra en b.s (36.0779%) para la cáscara, lo cual es mayor que lo reportado por Hettiaratchi (2011) que reportó un 21.9%, para semilla. En azúcares reductores en las muestras analizadas se calculó que estas contienen 134.4979 mg/g muestra en b.s (13.4497%) y 89.207 mg/g muestra en b.s (8.9207%) para semilla y cáscara respectivamente. Lo reportado por Ocloo (2010) y Shariful (2015) para semilla fue de 12.15%; lo cual se acerca con lo obtenido en el análisis.

Los compuestos fenólicos que se cuantificaron nos arrojaron los siguientes resultados: para semilla, 130.52 µg Eq. Ácido gálico/g b.s, y para cáscara, 162.24 µg Eq. Ácido gálico/g b.s. De acuerdo a la literatura el contenido de fenoles totales presentes en la semilla de yaca es de 406.14 µg Eq. Ácido gálico/g (Nair-Norohna, 2012). Lo cual es mayor a lo determinado en los análisis.

Los análisis químicos que se realizaron mostraron que las concentraciones de flavonoides fueron de, Tabla 10, 0.1468 mg/g b.s, para semilla y 0.4097 mg/g b.s para la cáscara; los valores reportados fueron en mg eq. Quercetina/gramo de muestra en base seca. Se comparó con estudios realizados a la semilla, lo cual reporta un rango de 0.5-0.89 mg/g (Ojwang, 2018), lo cual es más alto en comparación al valor estimado en este estudio.

Los resultados de la determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH● se muestran en la Tabla 11. La capacidad antioxidante que se registró fue buena ya que para este informe se reportó que la semilla contiene 1.9157 mg. Eq Trolox/g muestra en base seca y para la cáscara de 3.4491 mg Eq Trolox/g muestra en base seca; con un porcentaje

de inhibición de 41.5883 y de 53.351% respectivamente. Lo reportado (Delgado, 2015) fue de un 20.53% de inhibición para la semilla de yaca. Por lo que la semilla de yaca analizada en los ensayos registró un % de inhibición muy alto en comparación al valor reportado este autor.

En el ensayo de ABTS●+ se demostró que en ambas muestras hay elevado porcentaje de inhibición; destacando los extractos 2 y 4 para la semilla, se notó que conforme aumentaba la temperatura disminuía la extracción.

En la Tabla 12, se observan los resultados de la prueba ABTS●+ en la semilla de yaca; de acuerdo al diseño experimental, se presentan 6 extractos a diferente temperatura y solvente (metanol y agua), evaluando el porcentaje de inhibición y el promedio de las concentraciones de extracción, de igual forma se calculó la desviación estándar de cada extracto. El análisis de varianza ANOVA demostró que, dentro de los extractos evaluados la mayoría de estos tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$), esto debido a la variación en las condiciones de extracción, por lo que se observó que a mayor % inhibición, la concentración aumenta.

En la Tabla 13 se observan los resultados realizados de la prueba de ABTS●+ en la cáscara de yaca; de acuerdo al diseño experimental, se observan los extractos del 7 al 12, evaluados a diferente temperatura y solvente (metanol y agua), evaluando el porcentaje de inhibición y el promedio de las concentraciones de extracción. De igual forma se calculó la desviación estándar de cada extracto. En la cáscara fueron los extractos 8, 9, 10 y 11 que tuvieron un mejor rendimiento de extracción; notándose que en los extractos no hubo diferencia en cuanto a las condiciones de extracción a las que se sometieron.

El análisis de varianza ANOVA demostró que, dentro de los extractos evaluados estos no tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$), por lo que no afecta de manera significativa tanto la variación de la temperatura y el solvente utilizado.

Del análisis de la varianza ANOVA ($p < 0.05$) de los resultados estadísticos presentados se muestra que en la semilla de yaca si existen diferencia significativa en las variables Temperatura-Tiempo con respecto al % inhibición. Esto se puede ver en la Figura 1, la cual expresa las medias de % inhibición vs Temperatura-tiempo.

En las Tablas 14 y 15, se muestran los análisis estadísticos de los extractos de semilla y cáscara de yaca, en los que se muestran las varianzas significativas. En la semilla si hay diferencia significativa; ya que p-value son menores de 0.05. Ahora bien, en la cáscara no

hay varianza significativa ya que los valores p son mayores a 0.05.

Por otra parte, con el análisis de varianza ANOVA se muestra que en los ensayos con la cáscara de yaca no existe una diferencia significativa con las variables Temperatura-Tiempo con respecto al % inhibición. Este comportamiento se observa en la Figura 2, donde se expresan las medias de % inhibición contra Temperatura-Tiempo.

La concentración de ácidos urónicos fueron de 20.003 mg eq. Ác. gal/g b.s y 38.9703 mg eq. Ác gal/g b.s; esto para semilla y cáscara, respectivamente. De acuerdo a lo reportado por (Begun et al, 2014) la cáscara obtuvo un 15.7 mg/g muestra, lo cual difiere mucho con el resultado obtenido en los análisis.

En las determinaciones de taninos se tuvieron, Tabla 16: 1.0958mg Eq. Catequina/g b.s (semilla) y 3.5799 mg Eq Catequina/g b.s (cáscara). Se reporta por parte de (Nair-Noronha, 2012) un valor de 1.9838 mg Eq. Catequina/g muestra, para la semilla.

Tabla 1. Valor nutricional de la yaca por cada 100 g (3.5. oz)

Energía	Pulpa *	Semilla **
	397 kJ (95 kcal)	139 kJ (32 kcal)
Carbohidratos		
Azúcares	19.8 g	22.87 g
Fibra dietética	1.5 g	9.19 g
Grasas	0.64 g	0.61 g
Proteínas	1.72 g	5.71 g
Vitaminas		
Vitamina A	5 µg	
Beta-carotenos	61 µg	
Luteína zeaxantina	157 µg	
Tiamina (B1)	0.155 µg	
Riboflavina (B2)	0.055 mg	
Niacina (B3)	0.92 mg	
Ácido pantoténico (B5)	0.235 mg	
Vitamina B6	0.329 mg	
Folato (B9)	24 µg	
Vitamina C	13.8. mg	
Vitamina E	0,34 mg	
Minerales (mg)		
Calcio	24 mg	308.7 mg
Hierro	0.23 mg	13.074 mg
Magnesio	29 mg	338 mg
Manganeso	0.043 mg	0.112 mg
Fósforo	21 mg	
Potasio	448 mg	1478.1 mg
Sodio	21 mg	6.066 mg
Cobre		1.045 mg
Zinc	448 mg	<0.001
Otros componentes		
Agua	73.5. g	64.5 g

Fuente: USDA nutrient*. Baliga (2011)**

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la yaca

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Moraceae
Tribu	Artocarpeae
Genero	Artocarpus
Especie	Artocarpus heterophyllus Lam

Fuente: Crane, 2000.

Tabla 3. Valores para curva de calibración de flavonoides

Concentración (mg/ mL)	Absorbancia	Extracto etanólico (µL)	Acetato de potasio (µL)	Agua destilada (mL)	Cloruro de aluminio (µL)	Etanol 96% (mL)
0	0	500	100	2.8	100	1.5
0.0066	0.158	500	100	2.8	100	1.5
0.0133	0.409	500	100	2.8	100	1.5
0.0199	0.633	500	100	2.8	100	1.5
0.0265	0.838	500	100	2.8	100	1.5
0.0331	1.001	500	100	2.8	100	1.5

Tabla 4. Valores en tamaño de partícula fina de muestra de semilla de yaca

Semilla yaca. Peso neto: 17.23164 g.			
Número de malla	Abertura (mm)	Peso tamizado (g)	Porcentaje (%)
14	1.9	10.065	58.4099
16	1.4	4.5652	26.4931
20	0.85	0.6128	3.5562
25	0.7	0.4606	2.6729
30	0.6	0.8322	4.8294
Total		16.5378	95.9614

Tabla 5. Valores en tamaño de partícula fina de muestra de cáscara de yaca

Cáscara de yaca. Peso neto: 44.5065			
Número malla (mesh)	Abertura (mm)	Peso tamizado (g)	Porcentaje (%)
14	1.9	22.4884	50.5283
16	1.4	7.8957	17.7405
20	0.85	7.9896	17.9515
25	0.7	1.5249	3.4262
30	0.6	3.4082	7.6577
Total		43.3068	97.3042

Tabla 6. Valores de densidad, pH y acidez titulable

Muestra.	Densidad (g/cm ³)	Ph	Acidez titulable (%)
Semilla	0.6521	4.75	0.1404 ± 0.0105
Cáscara	0.5472	4.17	0.1701 ± 0.0128

Tabla 7.

Valores de humedad y cenizas
proteínas

	(%) Humedad	(%) Cenizas
Semilla	59.0304 ±	4.5372 ±
Cáscara	88.9727 ±	6.1049 ±

Tabla 8

Valores de contenido de lípidos y

	(%) Lípidos	(%) Proteínas
Semilla	0.3801 ±	0.2592 ±
Cáscara	1.4519 ±	0.7505 ±

Tabla 9

Valores de azúcares totales y reductores

	Azúcares totales (mg/g muestra en b.s)	Azúcares reductores (mg/g muestra en b.s)
Semilla	257.619 ± 4.81	134.4979 ± 2.038
Cáscara	360.779 ± 1.7378	89.207 ± 1.3349

Tabla 10. Valores de fenoles y flavonoides

	Fenoles. (µg eq Ac. Gálico/g b. s)	Flavonoides. (mg eq. Quercetina/g b.s)
Semilla	130.52 ± 0.259	0.1468 ± 0.0043
Cáscara	162.24 ± 0.824	0.4097 ± 0.0142

Tabla 11. Valores obtenidos del ensayo de DPPH●

	% inhibición	Concentración (mg- eq.Trolox/g muestra en b.s)
Semilla	41.5883	1.9157 ± 0.068
Cáscara	53.3512	3.4491 ± 0.0765

Tabla 12. Valores de ensayo de ABTS●+ en Semilla de yaca.

	Solvente	% inhibición	Concentración (mg-eq. Trolox/g b.s)
Extracto	Metanol puro		
1	60°C	77.607	4.7988 ± 0.033 ^b
2	70°C	82.009	5.0367 ± 0.0443 ^b
3	80°C	64.263	3.974 ± 0.085 ^b
	Agua		
4	60°C	95.163	8.5084a ± 0.095 ^a
5	70°C	93.827	8.3691 ± 0.0468 ^a
6	80°C	90.2	7.9832 ± 0.0819 ^b

Tabla 13. Resultados de prueba de ABTS●+ en Cáscara de yaca

	solvente	% inhibición	Concentración (mg-eq. Trolox/g b.s)
extracto	Metanol puro		
7	60°C	94.325	5.8387 ± 0.057 ^a
8	70°C	94.427	5.8397 ± 0.052 ^a
9	80	79.35	4.8832 ± 0.0586 ^b
	Agua		
10	60°C	95.845	8.4453 ± 0.048 ^a
11	70°C	95.9	8.4357 ± 0.093 ^a
12	80°C	94.91	8.3972 ± 0.066 ^a

Tabla 14. Análisis estadístico de los extractos evaluados en semilla de yaca

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	*Valor	Pr > Dif
E4 vs E6	4601,333	6,361	3,359	0,000
E4 vs E5	1335,000	1,846	3,359	0,475
E5 vs E6	3266,333	4,516	3,359	0,007
E6 vs E3	26288,000	36,344	3,359	< 0,0001
E2 vs E3	17743,667	24,531	3,359	< 0,0001
E2 vs E1	4399,333	6,082	3,359	0,001

*Valor crítico del d de Tukey: 4.75

Tabla 15. Análisis estadístico de los extractos evaluados en cáscara de yaca

Contraste	Diferencia	Diferencia	*Valor	Diferencia	Pr >
E10 vs E11	-50,000	-0,094	2,901	1542,051	1,000
E10 vs E9	16499,667	31,044	2,901	1542,051	<
E10 vs E8	1417,667	2,667	2,901	1542,051	0,075
E10 vs E7	1190,667	2,240	2,901	1542,051	0,154
E10 vs E12	939,333	1,767	2,901	1542,051	0,319

*Valor crítico del d de Tukey: 4.29

Tabla 16. Resultados de análisis de ácidos urónicos y Taninos

	Ácidos urónicos (mg eq. Ac. Gal/g b.s)	Taninos (mg eq. Catequina/g b.s)
Semilla	20.003 ± 0.7828	1.0958 ± 0.1172
Cáscara	38.9703 ± 1.404	3.5799 ± 0.2537

Figura 1. Análisis de las medias de capacidad antioxidante de la semilla de yaca (% inhibición) por el efecto de Temperatura-tiempo

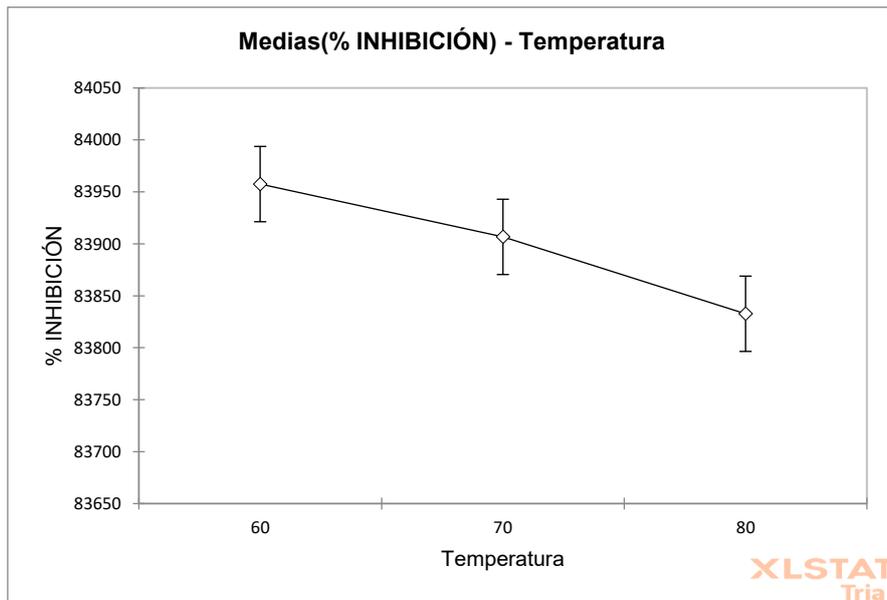
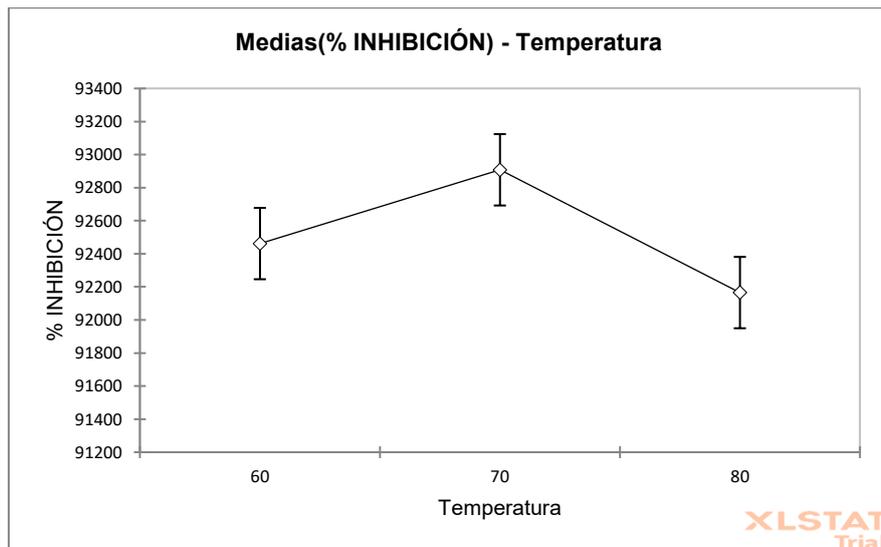


Figura 2. Análisis de las medias de capacidad antioxidante de la cáscara de yaca (%inhibición) por el efecto de Temperatura-tiempo



CONCLUSIONES

El contenido de humedad en la semilla fue el esperado, de acuerdo a la literatura; sin embargo, en la cáscara de yaca se reportó un porcentaje muy elevado por lo que se espera una alta actividad acuosa, lo que se traduce en que es más susceptible a la descomposición por parte de los microorganismos. El contenido de cenizas en ambas muestras mostró ser un tanto elevado de entre 4.53 y 6.10% de semilla y cáscara, respectivamente. Esta concentración se pudiera deber a factores presentes en la cosecha de esta fruta, ya que el suelo, nutrientes y las condiciones del clima afectan en la concentración nutrientes minerales presentes en ella. Por otra parte, la concentración de proteínas en los análisis mostró una gran diferencia de acuerdo a lo reportado con la literatura, una explicación posible es debido a factores que tienen que ver en la cosecha de la fruta. Otro de los parámetros analizados fueron la de azúcares totales, la cual arrojaron valores de 25.7619% (semilla) y 36.0779% (cáscara), lo cual supera a lo reportado en estudios anteriores.

En la evaluación química de las muestras se encontró presencia de compuestos polifenólicos de gran interés como son los flavonoides, a pesar de diferir con lo reportado con otros autores. La presencia de estos compuestos se traduce en un alto potencial de actividad antioxidante que tiene la semilla y cáscara.

La actividad antioxidante fue favorable en ambas muestras ya que el ensayo de DPPH● muestra un 41.5883 y de 53.351% de inhibición (en semilla y cáscara). Ahora bien, en el ensayo ABTS●+ los extractos que tuvieron un mejor nivel de extracción de compuestos fueron el 2, 4, 8 y 11 con porcentajes de 82, 95.16, 94.42 y 95.9% de inhibición; si bien el mejor solvente para la extracción fue el agua destilada, en la cáscara no presentó gran diferencia en cuanto se sometió a un aumento de temperatura, en los que se extrajeron los compuestos. El análisis estadístico demostró que la cáscara no hubo diferencia significativa en cuanto a las variables evaluadas por lo que no afecta el aumento de temperatura y el tipo de solvente en cuanto al porcentaje de inhibición de la muestra. En la semilla si afectan las variables de temperatura y solvente. También se observó que conforme se aumentaba la temperatura hubo una baja en el rendimiento de extracción de compuestos bioactivos; esto se ve reflejado en que se obtuvo % de inhibición bajos debido a que estos compuestos son sensibles a altas temperaturas.

Otro de los compuestos fenólicos de gran interés son los taninos condensados; estos compuestos a diferencia de los flavonoides son agentes anti-nutricionales en ciertas

concentraciones. Las muestras analizadas presentan una concentración de 109.58 mg/100 g muestra de semilla de jaca. Nair y Norohna (2012) señalan un valor de 198.38 mg/100 g muestra, por lo que difiere mucho; ya que es una concentración más alta, de acuerdo a lo encontrado en los análisis. Eso puede resultar no muy favorable ya que diversos estudios indican que la inhibición enzimática causada por taninos, disminuye la digestibilidad de los nutrientes nitrogenados (Allan y Rowland, 1994; Booth et al, 2001), causando baja digestibilidad proteínica (Reichert, 1980).

LISTA DE REFERENCIAS

- Allan, G. L. y Rowland, S. J. (1994). The use of Australian oilseeds and grain legumes in aquaculture diets. *Asian Fisheries Society Publication*, Manila, Philippines, pp. 667-670.
- AOAC (1990). *Oficial Methods of Analisis AOAC*, 15th Edition.
- Baliga, M. S., Shivashankara, A. R., Haniadka, R., Dsouza, J and Bhat, P. (2011). Phytochemistry and pharmacological proprieties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): a review. *Food Research International* 44: pp 1800-1811.
- Brand Williams, W. (1995). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*, *Food Sc. Technol.*
- Begun, R., Aziz, M.G., Uddin, M. D. & Yusof, Y. A. (2014). Characterization of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Waste Peptin as Influenced by Varius Extraction Conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 244-251.
- Blumenkrantz y Asboe-Hansen (1973). New method of quantitative determination of uronic acids. *Analytical biochemistry*; 54. 484-489.
- Booth, M., Allan, G., Frances, J & Parkinson, S. (2001). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture*, 196. 67-85.
- Castellanos, O. (1995). Proyecto de investigación sobre la relación entre las particularidades bioquímicas (enzimáticas) de la interacción del hongo *Beauveria bassiana* y la broca del café con el grado de patogenicidad del hongo. Bogotá Colombia. Universidad de La Salle, pp.8-9.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M and Chern, J. C. (2006) Estimation of total flavonoid content of propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Anal* 10(3): 178-182.

- Che Man, Y. B. (1995). Development and stability of jack fruit leather. *Tropical Science* 35, 245-250
- Chen, J., Liang, Y., Li, X., crane, L. y Xie, F., (2016). *Supramolecular structure of jackfruit seed starch and its relationship with digestibility and physicochemical properties. Carbohydrate Polymers*, vol. 150, no, pp. 269-277.
- Crane, J. H., Balerdi, C. F. and Campbell, R. J. V. (2000) The jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) in Florida. University of Florida Extension Services.
- Delgado Cedeño B. L. y Reyes Noriega C. J (2015). Obtención de harina de las semillas de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) y su aplicación como sustituto parcial de la harina de trigo en pastelería de bajo poder calórico. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química.
- Dubois, M. G. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Anal. Chem.* 283 350-356.
- Flores Morales, M. L., Gomez Lizarraga, C., Del Prado Audeloa, M., Álvarez Pérez, M. C., Piña Barba, C. (2017). Polycaprolactone and polycaprolactone/ceramic-based 3D-bioploted porous scaffolds for bone regeneration *Materials. Science and Engineering: C Volume 79, 1 October 2017, Pages 326-335.*
- Gunaseena, H., P. M., Ariyadasa, K. P., Wikramasinghe, A., Herath, H. M. W., Wikramasinghe, P. and Rajakaruna, S.B. (1996) *Manual of Jack Cultivation in Sri Lanka*. Forest Information Service, Forest Department: 48.
- Hettiaratchi, U. P. K., Ekanayake, S. y Welihinda, J., (2011). Nutritional assessment of a jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) meal. *The Ceylon medical journal*, vol. 56, no. 2, pp. 54-8.
- James, O. y Friday, E. T. (2010). Phytochemical composition, bioactivity and wound healing potential of euphorbia heterophylla (Euphorbiaceae) leaf extract. *International Journal on Pharmaceutical and Biomedical Research*, vol. 1, no. 0976-285X, pp. 54-63.
- Nair, S. S., Norohna, I. G., Sultana, N., Nithyakala, M. y Somaskharaiah, V. (2012). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 20. Obtenido de Isolation and determination of nutritional and anti.

- Ocloo, F.C.K., Bansa, D., Boatin, R., Adam, T. and Agbermaror, W.S. (2010). Physico-chemical, functional and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *Agric Biol, J.N. Am* 1(5): 903-8.
- Ojwang, R.A., Muge, E.K., Mbatia, B.N., Mwanza, B.K. and Ogoyi, D.O. (2018). Compotisional, Elemental, Phytochemical and Antioxidant Characterization of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Pulps and Seeds from Seleted Regions in Kenya and Uganda. *European Journal of Medical Plants*. 23(3): 1-12; Article no. EJMP. 40967.
- Piña-Dumoulín, Grigna. (2010). *Caracterización físico-química de frutas frescas de cultivos no tradicionales en Venezuela I la yaca*.
- Prahas, D., Y. Kartika, N. Indraswati., S. Ismadji. (2008). The use of activated carbon prepared from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) peel waste for methylene blue removal. *Journal of Environmental Protection Science* 2: 1-10.
- Price, M. L. Van Socoyoc, S y Butler, L. G. (1978). Processed feedstuffs. *Journal Agriculture Food Chemistry* 26 (5). 1214-1218.
- Reichert, R.D., Flemming, S.E. and Schwab, D.J. (1980). Tanin desactivation and Nutritional Improvement of Sorghum by Anaerobic Storage of H₂O-HCl, or NaOH-Trated Grain, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28. 824-829.
- Rojas Gonzales, A. F., Flores Montes, C., López Rodríguez, D. F. (2018). *Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales*. Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Colombia. correo electrónico: anfrojasgo@unal.edu.com
- Romay, C. (1996). The reaction between ABTS radical cation and antioxidants and its use. *Journal of Medical and Biological Research*, 29(2):175-183.
- Soetardji, J. P., Widjaja, Y., Djojarahardjo, F., E. Soetaredjo & Ismadji, S. (2014). *Bio-oil from jackfruit peel waste*. *Procedia Chemistry* 9: 158-164.
- Shariful, I., Begun, R., Katum, M. (2015). A study on nutricitional and functional propieties analysis of Jackfruit seed flour and value addition to biscutis. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)* VOL.4. Issue 12.
- Singleton, V.L., Orthofer., R. & La muella, R.M (1999). *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent meath enzymoy*. 299.

- Sudiyani, Y.S., Horisawa, S., Chen, K, Doi, I, Y. (2002). Changes in surface properties of tropical Wood species exposed to the Indonesian climate in relation to mould colonies. *Journal of Wood Science. Springer-Verlag. Tokyo*, 486: 542-547.
- Vargas y Vargas, M.L., Figueroa Brito, H., Tamayo Cortez, J.A., Toledo López, V.M. y Moo Huchin, V.M. (2019). Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos *CIENCIA ergo-sum*, vol. 26, núm. 2, julio-octubre 2019 | e52.