

Caracterización fisicoquímica y proximal de almidón y harina de jícama (*Pachyrhizus erosus* L.)

Physicochemical and proximal characterization of starch and flour of jicama (*Pachyrhizus erosus* L.)

Ramírez-Balboa, G.¹ , Balois-Morales, R.^{1,2*} , León-Fernández, A. E.² ,
Bautista-Rosales, P.U.^{1,2} , Jiménez-Zurita, J. O.² , Montalvo-González, E.³ 

¹ Programa de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit, Carretera Tepic-Compostela, Km 9, 63780, Xalisco, Nayarit, México.

² Unidad de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la cultura, C.P. 63000, Tepic Nayarit, México.

³ Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Instituto Tecnológico de Tepic, Avenida Insurgentes #2595, Colonia Lagos del Country, Tepic, Nayarit. Código Postal 63175, Nayarit, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Ramírez-Balboa, G., Balois-Morales, R., León-Fernández, A. E., Bautista-Rosales, P.U., Jiménez-Zurita, J. O., Montalvo-González, E. (2023). Physicochemical and proximal characterization of starch and flour of jicama (*Pachyrhizus erosus* L.). *Revista Bio Ciencias*, 10 e1427. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1427>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: October 11th 2022.

Accepted/Aceptado: February 03th 2023.

Available on line/Publicado: February 23th 2023.

RESUMEN

La jícama (*Pachyrhizus erosus* L.) pertenece a la familia de las leguminosas, el órgano estructural comestible de esta planta es la raíz y se consume en fresco; la raíz contiene vitaminas, minerales y almidón, además de un bajo contenido calórico (40 cal). El almidón se encuentra en forma de gránulos intracelulares, siendo de importancia para los productos alimenticios. La harina constituye una opción para formulaciones alimenticias, ya que contienen fibras y nutrientes, la raíz de jícama tiene propiedades químico-físicas (humedad, consistencia y estabilidad) para su uso en los alimentos. El objetivo de esta investigación fue caracterizar fisicoquímica y químico proximal el almidón y harina de jícama de dos localidades de Tepic (Camichín) y Xalisco (Pantanal), Nayarit. Se diseñaron cuatro tratamientos (T1 = Pantanal Almidón, T2 = Camichín Almidón, T3 = Pantanal Harina y T4 = Camichín Harina); se evaluó pH, acidez titulable, densidad aparente, color, humedad, cenizas, proteínas, lípidos, amilosa, amilopectina, fibra y carbohidratos totales. Como resultado se tiene que los almidones del T2 presentaron contenido de cenizas (2.44 %), fibra (170 mg /100 g) y carbohidratos (1.50 g); la harina del T4 presentó valores de cenizas (3.55 %), proteínas (11.04 %), fibra (181 mg / 100 g) y de carbohidratos (1.70 g). Los almidones de jícama pueden ser sustituidos por los comerciales, y el uso de harinas para la elaboración de productos alimenticios.

PALABRAS CLAVE: Extracción, raíz, compuestos, polisacáridos

*Corresponding Author:

Rosendo Balois-Morales. Unidad de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura S/N. C. Postal 63000, Tepic, Nayarit, México. Teléfono 311 103 52 59 E-mail: rbalois@uan.edu.mx

ABSTRACT

Jicama (*Pachyrhizus erosus* L.) belongs to the legume family, the edible structural organ of this plant is the root and it is eaten fresh; the root contains vitamins, minerals, and starch, in addition to a low caloric content (40 cal). Starch is found in the form of intracellular granules, being of importance for food products. Flour is an option for food formulations since they contain fibers and nutrients, jicama root has chemical-physical properties (moisture, consistency, and stability) for use in food. This research aimed to characterize the physicochemistry and proximal analysis of jicama starch and flour from two locations in Tepic (Camichin) and Xalisco (Pantanal), Nayarit. Four treatments were designed (T1 = Pantanal Starch, T2 = Camichin Starch, T3 = Pantanal Flour, and T4 = Camichin Flour); pH, titratable acidity, apparent density, color, moisture, ashes, proteins, lipids, amylose, amylopectin, fiber, and total carbohydrates were evaluated. As a result, the T2 starches presented ash content (2.44 %), fiber (170 mg /100 g), and carbohydrates (1.50 g); T4 flour presented values of ash (3.55 %), protein (11.04 %), fiber (181 mg /100 g) and carbohydrates (1.70 g). Jicama starches can be substituted for commercial ones, and the use of flours for the preparation of food products.

KEY WORDS: Extraction, root, compounds, polysaccharides.

Introducción

La jícama (*Pachyrhizus erosus* L.) pertenece a la familia de las leguminosas y al género *Pachyrhizus*; el órgano estructural comestible de esta planta es la raíz, se cultiva en altitudes que van desde los 900 a los 2,750 masl y temperaturas de 14 y 20 °C (González-Lemus *et al.*, 2017). A nivel nacional se producen 219,003.90 t, de éstas, las entidades con mayor producción son: Nayarit (71,386.64 t), Guanajuato (50,034.24 t), Veracruz (32,039.80 t) y Morelos (26,875.21 t) de acuerdo con lo reportado por el Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP, 2021).

La jícama se consume en fresco, tiene bajo contenido calórico (40 cal), vitamina C, minerales (potasio, hierro, calcio y fósforo) y carbohidratos como el almidón (Jiménez *et al.*, 2012; Nursandi *et al.*, 2017); también contiene compuestos bioactivos (taninos, flavonoides, compuestos fenólicos como el ácido gálico y quercetina) e inulina (Melgoza-Sevilla *et al.*, 2017; Martínez-Bahena *et al.*, 2020), por lo tanto, la jícama es considerada una fuente potencial de almidón.

El almidón es un polímero cuya estructura molecular se basa en la unión de moléculas de glucosa que están unidas entre ellas mediante enlaces α -D-(1-4) y α -D-(1-6), que forman sus dos macromoléculas principales: la amilosa, polímero lineal con grado de polimerización de 100 a 1000 unidades de glucosa y la amilopectina, un polímero ramificado con grado de polimerización de aproximadamente 40.000 unidades de glucosa (Jiménez *et al.*, 2012). El almidón es único

entre los carbohidratos que se producen en la naturaleza en forma de gránulos constituidos por regiones amorfas y semicristalinas; se reconoce la importancia que tiene la organización física de estos gránulos en su funcionalidad y por tanto en el comportamiento de los productos alimenticios con formulaciones ricas en almidón (Cruz *et al.*, 2016; Shevkani *et al.*, 2017; Velásquez-Barreto *et al.*, 2018).

La producción agrícola está diversificándose cada vez más, debido a la búsqueda de alternativas potenciales que involucren la producción de alimentos de alto valor nutricional, innovadores y de bajos costos; los productos hortícolas como raíces o tubérculos son viables para la elaboración de harinas alternativas con destino a la industria alimentaria, reemplazando, total o parcialmente, las harinas comunes de algunos cereales como el maíz o el trigo; estas harinas constituyen una opción de nutrientes e ingredientes para formulaciones alimenticias, contribuyendo de esta manera a resolver deficiencias en sectores de la población afectados nutricionalmente (Moro *et al.*, 2018; García-Pacheco *et al.*, 2020).

Por otra parte, las harinas de raíces como la jícama prometen tener propiedades químicas, físicas y versatilidad para ser usado en la industria de los alimentos contribuyendo en gran parte en la manufactura de muchos alimentos influyendo sobre ciertas características, tales como humedad, consistencia, apariencia y estabilidad en el almacenamiento (Romero & Tuiran, 2017).

Las características fisicoquímicas de un alimento otorgan las bases necesarias para comprender los fenómenos físicos y químicos en los alimentos, las herramientas para controlar estos fenómenos para crear procesos y alimentos mejorados (Romero & Tuiran, 2017); así mismo, el análisis proximal implica la caracterización de los alimentos haciendo énfasis en la determinación de las asociaciones químicas que responden a ciertas reacciones analíticas que por lo tanto, nos da un índice nutritivo y la cantidad de ciertos compuestos presentes (Julián-Loeza, 2009).

Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo la caracterización fisicoquímica y químico proximal de almidón y harina de jícama, dándole un valor al cultivo de jícama y tener valor agregado con la creación de productos nuevos e innovadores.

Material y Métodos

Extracción de almidón

La extracción de almidón de jícama se realizó con base a la metodología de Flores-Gorosquera *et al.*, (2004); consistió en una molienda húmeda sin cáscara, la pasta resultante de la molienda se filtró con una malla organza y se lavó (enjuague) con agua hasta no presentar residuos aparentes de almidón (residuos blancos), la parte líquida obtenida se decantó por un tiempo de 24 a 48 h, se eliminó la parte del sobrenadante y el residuo blanco (almidón) se resuspendió en agua; la fase sólida obtenida (almidón) en la decantación se deshidrató en un horno de secado (TERLAB®) a 40 °C durante 24 h; una vez eliminada el agua por el secado, el almidón se pesó para su cuantificación.

Harina de jícama

Los residuos obtenidos (después de la extracción del almidón), como resultado del lavado, se deshidrataron en una estufa de secado (TERLAB®) a una temperatura de 50°C por 48 h, posteriormente se trituro hasta obtener un polvo fino similar a una harina, se cuantificó su rendimiento.

La investigación se realizó en los laboratorios de la Unidad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit. Las variables evaluadas se realizaron en almidón y en harina de jícama por separado.

Fisicoquímicos

pH (Ocaña-Palacios, 2019)

Se preparó una solución de almidón (5 g de almidón en 50 mL de agua destilada) y la lectura se realizó directamente con un potenciómetro (HANNA HI2211).

Acidez titulable (Ocaña-Palacios, 2019)

Se preparó una solución de almidón (5 g en 15 mL de agua destilada), y se tituló volumétricamente con NaOH (0.1 N) y fenolftaleína como indicador. Para los cálculos e interpretación de los resultados se tomó en cuenta las siguiente formula.

$$\text{Acidez titulable (\%)} = \frac{\text{Volumen (mL)NaOH} * 0.1\text{N} * \text{factor} * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Densidad aparente (Gujska & Khan, 1990)

Se registró el peso de una probeta con volumen de 10 mL, a esta se le adiciono la muestra en base seca (almidón y/o harina) hasta su capacidad máxima total, sin compactar, se volvió a registrar el peso de la probeta. Para los cálculos e interpretación de los resultados se tomó en cuenta las siguiente formula.

$$Da = \frac{\text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Volumen de la probeta (mL)}}$$

Color (Ocaña-Palacios, 2019)

Se realizó la medición del color con un colorímetro manual (KONICA MINOLTA, LC100, EE. UU), previamente calibrado; colocando almidón en cajas Petri a la cual se tomaron cinco mediciones en diferentes áreas de la caja registrando los promedios. Los parámetros evaluados fueron, Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*), Hue (°H).

Químico proximal

Humedad (AOAC, 2005)

Se colocó 1 g de muestra en crisoles de porcelanas previamente pesado, en una estufa de secado a 100 °C por un tiempo de 24 horas, por triplicado. El porcentaje de humedad se determinó utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{humedad (\%)} = \frac{(Cm - Cms)}{m} \times 100$$

Donde:

Cm = masa de la capsula con la muestra húmeda (g)

Cms = masa de la capsula con muestra seca (g)

M = masa de la muestra (g)

Cenizas (AOAC, 2005)

Se colocó 1 g de muestra, en crisoles de porcelana a peso constante, calcinándolas en una mufla (FELISA FE-340) a una temperatura de 500 °C durante 12 horas, al final el material se dejó enfriar a temperatura ambiente. La determinación del contenido de cenizas se determinó utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{(Cc - C)}{m} \times 100$$

Donde:

Cc = masa del crisol con cenizas (g)

C = masa del crisol seco (g)

m = masa de la muestra (g)

Proteína (AOAC, 2005)

Se determinó con el método Kjeldahl. El porcentaje total de nitrógeno se calculó convirtiendo nitrógeno total a contenido de proteína. Se realizó un triplicado.

$$N = \frac{(V - V_0)(NHCl)(meq)}{Mm}$$

Donde:

N = nitrógeno total (g nitrógeno/ g muestra)

V = volumen de HCl gastados en la titulación de la muestra (mL)

VO = volumen de HCl gastados en la titulación del blanco (mL)

NHCl = normalidad de HCl (miliequivalentes/mL)

M eq = peso equivalente del nitrógeno (g/ miliequivalentes) = 0.014

Mm = masa de la muestra (g)

Lípidos (AOAC, 2005)

Se determinó colocando 4 g de muestra en cartuchos de celulosa, en un extractor de grasa (TECNAL Extractor SOXHLET TE-1881/6). Se utilizó éter de petróleo como disolvente en un matraz a peso constante, dejando a ebullición durante ocho horas. El cálculo se determinó por diferencia de peso en los matraces.

Amilosa y amilopectina (Morrison & Laignelet, 1983)

La determinación de amilosa y amilopectina se realizó con el método colorimétrico de solución de yodo. El contenido de amilopectina se calculó por diferencia al 100 % del contenido de amilosa mediante colorimetría.

Fibra dietética total (Mañas & Saura-Calixto, 1995)

Para la cuantificación de fibra dietética total, se pesaron 250 mg de muestra y se realizó una triple hidrólisis enzimática.

α -amilasa termoestable (A-3306, Sigma) por 35 min, 100 °C, pH 6

proteasa tipo VIII de *Bacillus licheniformis* (P-5380, Sigma) con agitación 35 min, 60 ° C, pH de 7.5

amiloglucosidasa (A-9913, Sigma®) con agitación 35 min, 60 °C, pH de 4.5.

Posteriormente se centrifugaron las muestras (3000 rpm - 15 min a 4 °C), recuperando los sobrenadantes en matraces aforados de 100 mL, los residuos sobrantes (sólidos) se recuperaron con agua destilada (agitación y centrifugado) adicionándolos a lo recuperado del tratamiento enzimático, después se llevó a diálisis durante 48 h, utilizando membranas de celulosa con punto de corte para peso molecular de entre 12000 y 14000 Da, posteriormente el contenido se transfirió a matraces de 100 mL y se aforó con agua destilada, esta fracción corresponde a la fibra soluble (SF). De la solución de FS se tomaron 17 mL adicionando 1 mL de H₂SO₄ concentrado para realizar la hidrólisis de los polisacáridos que forman la SF, llevándolo a baño maría a 100 °C por 90 min.

La hidrólisis se dejó enfriar a temperatura ambiente, y se procedió a determinar la fibra soluble e insoluble, éstas se cuantificaron en un espectrofotómetro (Power wave Biotek, Alemania) a 530 nm utilizando como reactivo ácido 3,5-dinitrosalisílico (DNS), por separado. Para la cuantificación y concentración se usó una curva estándar de glucosa (200 mg de glucosa grado analítico con etanol al 85 %, aforado a 100 mL), los resultados se expresaron en g/100 g de base seca (db).

Carbohidratos totales (Dubois, 1956)

Todos los azúcares incluyendo polisacáridos se deshidratan con H₂SO₄ concentrado formando monosacáridos, los que a su vez se condensan con fenoles presentes en la mezcla de reacción para dar compuestos de coloración naranja amarillento cuya intensidad se mide espectrofotométricamente.

Se pesaron 37.5 mg de muestra (almidón y harina) por separado en tubos Falcon de 50 mL, adicionando 1.5 mL de etanol al 85% a cada tubo, se colocaron en baño maría a 50 °C por un periodo de 2 h, posteriormente se llevó a centrifugación (3000 rpm durante 15 min) recuperando el sobrenadante, de éste se tomó 1 mL adicionándole 0.5 mL de fenol al 5 % mas 2.5 mL de H₂SO₄ concentrado, se llevó a baño maría durante 30 min a 30 °C, observando cambios en color que van desde blanco a amarillo, el tono final dependerá del contenido de azúcares. Se leyeron las absorbancias a 490 nm en un espectrofotómetro (Power Wave Biotek, Alemania) utilizando un blanco como testigo (etanol al 85 %). Se preparó una curva de calibración de glucosa de 400 µg/mL (40 mg de glucosa grado analítico aforado a 100 mL con etanol al 85 %). Los resultados se expresaron en g/100g db.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, tomando en cuenta las localidades de cosecha de la jícama y los productos evaluados; T1:PA (Pantanal almidón), T2:CA (Camichín almidón), T3: PH (Pantanal harina) y T4:CH (Camichín harina). Los resultados se analizaron con un ANOVA de una vía y una comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de significancia ($p \geq 0.05$) utilizando el lenguaje estadístico R.

Resultados y Discusión

Fisicoquímicos

La caracterización fisicoquímica del almidón de jícama presentó valores de pH de 6.08 y 5.10 para los tratamientos 1 (PA) y 2 (CA), presentando diferencia estadística ($p \geq 0.05$); la acidez titulable del almidón fue de 3.50 % (T1) y 3.96 % (T2) los cuales no presentaron diferencia estadística entre ellos; la densidad aparente del almidón de jícama fue de 1.14 y 1.15 g/cm³ para los tratamientos 1 y 2 respectivamente, no presentando diferencia estadística (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de almidón de jícama.

Fisicoquímicos	T1 = PA	T2 = CA	CV	DMS
pH	6.08 ± 0.07 ^a	5.10 ± 0.02 ^b	3.92	0.80
Acidez (%)	3.50 ± 0.20 ^b	3.96 ± 0.05 ^a	3.92	0.34
Densidad aparente (g/cm ³)	1.14 ± 0.00 ^a	1.15 ± 0.00 ^a	3.92	1.20

T1 = PA (Almidón Pantanal), T2 = CA (Almidón Camichín). Letras iguales por fila no difieren estadísticamente (Tukey $p \geq 0.05$).

La alta concentración de polisacáridos y la relación con el contenido de ácidos orgánicos presentes (ácido oxálico) determinan la acidez de la raíz de jícama (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2011; Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018), por lo que con base al resultado obtenido de pH (Tabla 1) es posible que el almidón extraído de la jícama sea ácido, su densidad aparente baja está relacionada directamente con la forma y el tamaño de la granulometría del mismo, característica favorable para el almacenamiento y compactación del almidón (Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018).

La caracterización fisicoquímica de la harina de jícama presentó valores de pH de 4.46 (T3) y 4.54 (T4), no presentando diferencia estadística; mientras la acidez titulable de la harina fue de 3.76 (T3) y 2.66 (T4) ($p \geq 0.05$); una densidad aparente de 1.13 g/cm³ (T3) y 1.15 g/cm³ (T4), ambas variables presentaron diferencia estadística ($p \geq 0.05$) (Tabla 2).

Tabla 2. Físicoquímicos de harina de jícama.

Físicoquímicos	T3=PH	T4=CH	CV	DMS
pH	4.46 ± 0.01 ^a	4.54 ± 0.06 ^a	3.92	0.80
Acidez (%)	3.76 ± 0.15 ^a	2.66 ± 0.15 ^b	3.92	0.92
Densidad aparente (g/cm ³)	1.13 ± 0.00 ^b	1.17 ± 0.00 ^a	3.92	0.02

T3 = PH (Almidón Pantanal), T4 = CH (Almidón Camichín). Letras iguales por fila no difieren estadísticamente (Tukey, $p \geq 0.05$).

De acuerdo a los resultados obtenidos de pH, la harina de jícama es ácida con una densidad aparente baja; Rodríguez-Miranda *et al.*, (2011) reportaron que la concentración de pH está relacionada con una posible reducción de la actividad química y enzimática, estos, interactúan con los ácidos titulables del producto; la fibra presente en la harina influye en la granulometría de la misma, debido al tamaño y la forma que esta se pueda presentar, puesto que puede alterar la densidad de la matriz polimérica; esta densidad favorece el almacenamiento de la harina debido a una compactación o aglomeración de sus partículas (Rodríguez, 2013; Lalaleo, 2017; Techeira *et al.*, 2014; Contreras-Jiménez *et al.*, 2019).

Color

El color es uno de los parámetros más importantes en la aceptación de los productos alimenticios por parte de los consumidores (Alonso-Miravalles *et al.*, 2020); el almidón y la harina de jícama presentaron colores similares, siendo el blanco el color predominante con tonos amarillos, con valores altos en los parámetros del °Hue y luminosidad (Tabla 3 y 4); esta coloración se debe a los pigmentos sintetizados y almacenados en los plastos de las células durante el desarrollo de la raíz; es por ello que en la extracción y el procesamiento de los productos, estos siguen conservando la coloración original de la jícama y en consecuencia la luminosidad y el tono de color se comportan de la misma forma (Villar-Lozano, 2021).

Tabla 3. Color de almidón de jícama (L, C, °H).

Parámetros	T1=PA	T2=CA	CV	DMS
*L	91.77 ± 2.87 ^a	92.19 ± 0.95 ^a	3.92	1.15
*C	1.82 ± 0.30 ^a	2.29 ± 0.07 ^a	3.92	1.00
°H	91.67 ± 1.51 ^a	96.22 ± 0.57 ^a	3.92	5.60

PA = Almidón Pantanal, CA = Almidón Camichín *L = Luminosidad, *C = Cromaticidad, °H = Angulo Hue. Letras iguales por fila no difieren estadísticamente (Tukey, $p \geq 0.05$).

Tabla 4. Color de harina de jícama (L, C, °H).

Parámetros	T3=PH	T4=CH	CV	DMS
*L	90.45 ± 3.96 ^a	92.82 ± 6.09 ^a	3.92	3.28
*C	1.52 ± 0.45 ^a	1.50 ± 0.39 ^a	3.92	0.15
°H	92.14 ± 0.80 ^a	88.16 ± 0.17 ^a	3.92	4.20

PH = Harina Pantanal, CH = Harina Camichín. *L = Luminosidad, *C = Cromaticidad, °H = Ángulo Hue. Letras iguales por fila no difieren estadísticamente (Tukey, $p \geq 0.05$).

Químico proximal

Las variables fisicoquímicas de lípidos y amilosa presentaron diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos; mientras que las variables de humedad, cenizas, proteínas, fibra, carbohidratos totales y amilopectina no presentaron diferencia estadística (Tabla 5).

Tabla 5. Químico proximal de almidón de jícama.

Químico proximal	T1:PA	T2:CA	CV	DMS
Humedad (%)	5.00 ± 0.00 ^a	6.66 ± 2.88 ^a	3.92	1.80
Cenizas (%)	2.42 ± 0.28 ^a	2.44 ± 0.04 ^a	3.92	0.10
Lípidos (%)	0.16 ± 0.00 ^b	0.23 ± 0.01 ^a	3.92	0.03
Proteína (%)	0.61 ± 0.28 ^a	0.53 ± 0.66 ^a	3.92	0.47
Fibra (mg/100g)	157 ± 11.74 ^a	170 ± 7.98 ^a	3.92	22.75
Carbohidratos totales (g/100g)	1.40 ± 0.59 ^a	1.50 ± 0.83 ^a	3.92	0.35
Amilosa (%)	34.37 ± 0.00 ^a	33.49 ± 0.00 ^b	3.92	0.94
Amilopectina (%)	65.64 ± 0.00 ^a	66.51 ± 0.00 ^a	3.92	1.00

T1 = PA (Almidón Pantanal), T2 = CA (Almidón Camichín). Letras iguales por fila no difieren estadísticamente (Tukey, $p \geq 0.05$).

Con respecto a la caracterización químico proximal de la harina de jícama, las variables cenizas y amilosa presentaron diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), no así en humedad, lípidos, proteínas, fibra y carbohidratos totales (Tabla 6)-

Tabla 6. Químico proximal de harina de jícama.

Proximal chemical	T3:PH	T4:CH	CV	DMS
Humedad (%)	6.66 ± 2.88 ^a	5.00 ± 0.00 ^a	3.92	1.80
Cenizas (%)	3.12 ± 0.16 ^b	3.55 ± 0.35 ^a	3.92	0.30
lípidos (%)	1.58 ± 0.00 ^a	1.10 ± 0.00 ^b	3.92	0.20
Proteína (%)	8.82 ± 0.63 ^a	11.04 ± 1.61 ^a	3.92	2.77
Fibra (mg/100g)	148 ± 23.16 ^a	181 ± 4.43 ^a	3.92	37.80
Carbohidratos totales (g/100g)	1.30 ± 0.86 ^a	1.70 ± 0.13 ^a	3.92	2.00
Amilosa (%)	2.96 ± 0.00 ^b	2.23 ± 0.00 ^a	3.92	0.20

PH = Harina Pantanal, CH = Harina Camichín. Letras iguales por fila no difieren estadísticamente (Tukey, $p \geq 0.05$).

Los resultados de la caracterización químico proximal del almidón y harina de jícama presentan porcentajes bajos de humedad, atribuyéndole a la presencia de azúcares libres como la glucosa, ya que por sus grupos hidrófilos interactúan y establecen puentes de hidrógeno reaccionando con el contenido de agua presente (Bernabé & Cancho, 2017). Por otra parte, un contenido bajo de humedad tiene relación con la calidad del producto, ya que pueden ser almacenados a temperatura ambiente sin ser propensas a la proliferación de microorganismos y juega un rol vital en la manipulación, procesamiento y almacenamiento (Lalaleo, 2017; Barbosa *et al.*, 2005). La restricción hídrica favorece la mayor concentración de carbohidratos; el aumento de estos se atribuye a diferentes condiciones climáticas durante el desarrollo de la jícama, así como el periodo de cosecha la cual se refleja directamente en la calidad de las raíces (León-Pacheco *et al.*, 2018).

Rojas (2012) señala que la industria de los alimentos prefiere raíces con alto contenido de almidón, pero con bajo contenido de azúcares, debido a que la presencia de estos se relaciona con el grado de oscurecimiento no enzimático desarrollado en frituras y como consecuencia puede causar un rechazo del producto por parte del consumidor. Así como los carbohidratos, la fibra también tiene el mismo comportamiento en la industria de los alimentos; Hasbún *et al.*, (2009), hacen mención que el contenido de fibra se correlaciona con la textura (dureza) del producto, altos contenidos de fibra favorecen mayor dureza en el producto frito lo que los hace inaceptables, en productos como almidón y harina se prefieren aquellos con contenido de fibra bajo.

El contenido de sales minerales está relacionado con el contenido de cenizas, que en gran medida depende, al tipo de suelo y la cantidad de agua adquirido en el desarrollo, es decir, sólo contendrán aquellos elementos químicos que se les proporcionen como parte de su nutrición por el suelo (incluyendo fertilización, plaguicidas, etc.), o por irrigación (lluvia, río, pozo, etc.) (Badui, 2006); en cada caso la concentración y el tipo de mineral será diferente y esto se reflejará en el momento que se cosecha; minerales como el calcio, fósforo, hierro y cobre son los minerales presentes en la jícama (Rodiles-López *et al.*, 2019).

Los productos con amilosa son preferidos comercialmente, por los geles que se forman con estos; presentan mejores propiedades mecánicas, son menos solubles y muestran mayor resistencia a la degradación química o enzimática; industrialmente, el rango amilosa/amilopectina, se puede manipular genética, física y químicamente, para modificar las características propias, como viscosidad, gelatinización, textura, solubilidad, estabilidad del gel y retrogradación, para darle propiedades industriales estables (Vargas & Hernández, 2012; Jiménez-Villalba *et al.*, 2019).

El porcentaje de lípidos en el almidón de jícama (T1 = 0.16, T2 = 0.23) es menor a comparación a almidones comerciales como el de maíz (0.35) y el de camote (0.31), suele ser similar al almidón de yuca (0.20) y mayor al de papa (0.05) (Tabla 7). El contenido de amilosa en el almidón de jícama fue de T1 (34.37) y T2 (33.49), estos son superiores a los almidones comerciales como el de maíz (28.3), papa (21.0), camote (19.6), así como el de yuca (17.0) (Tabla 7). La determinación del contenido de amilosa es realmente importante, ya que permite determinar las condiciones de procesamiento más idóneas y evaluar la calidad de diferentes productos alimenticios; la fracción de amilosa imparte características definitivas al almidón y, por lo tanto, su concentración es considerada un criterio de calidad importante (Techeira *et al.*, 2014; Arzapalo-Quinto *et al.*, 2015).

Tabla 7. Químico proximal de almidones comerciales.

Harinas	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Maíz	9.9	0.06	0.10	0.35	0.62	28.3	71.7
Papa	19	0.40	0.06	0.05	--	21.0	79.0
Camote	9.83	0.26	0.22	0.31	0.28	19.6	80.4
Yuca	9.48	0.29	0.06	0.20	1.01	17.0	83.0

Hernández-Medina *et al.*, (2008)

La harina de jícama tiene características físicas similares a las harinas comerciales, pero con valores químico proximal diferentes; la harina de jícama contiene alta cantidad de cenizas T3 (3.12 %) y T4 (3.55 %) en comparación a las harinas de maíz (1.21 %) trigo (1.69 %), avena (1.59 %), yuca (1.15%) y zanahoria (0.87 %), estas diferencias se atribuyen al contenido de sales minerales presentes en los productos hortícolas y se ve reflejado en las harinas (Tabla 8).

Esto también se ve reflejado en el contenido de lípidos ya que la harina de jícama tiene un contenido menor (T3 = 1.58; T4 = 1.10) en comparación a las harinas de maíz (3.95 %), trigo (2.93 %) y avena (7.50 %); pero menor a las harinas de yuca (0.25 %) y de zanahoria (0.09) (Tabla 8).

Tabla 8. Químico proximal de harinas comerciales.

Harinas	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
Maíz	11.65	1.21	8.47	3.95	1.23	73.49
Trigo	10.39	1.69	12.43	2.93	3.16	70.22
Avena	7.33	1.59	11.43	7.50	1.78	70.37
Yuca	63.92	1.15	0.55	0.25	1.04	33.40
Zanahoria	89.89	0.87	0.55	0.09	1.21	8.38

Coral et al., (2015)

La harina de jícama es considerada un subproducto único y participe en la industria de los alimentos, estas diferencias en la caracterización químico proximal se debe a que la harina de jícama está libre de almidón; este carbohidrato tiene la capacidad de adherencia, por lo tanto, ciertas macromoléculas como las proteínas, fibra, lípidos se adhieren al almidón y se arrastran junto a él durante su extracción, reflejándose en la cuantificación total de los parámetros.

Conclusiones

La caracterización fisicoquímica y químico proximal de almidón y harina de jícama cultivada en las localidades de Pantanal y Camichín, Nayarit, México presentan bajo contenido de humedad y lípidos, favoreciendo la vida de anaquel sin que presente problemas de oxidación y/o, sabores y olores no deseables. En este sentido, el almidón y harina de la raíz de jícama pueden ser utilizados en alimentos saludables, ya que contienen fibra y proteínas.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo (RBG, BMR, LFAE, BRPU). Desarrollo de la metodología (RBG). Manejo de software (RBG, LFAE). Validación experimental (RBG, LFAE). Análisis de resultados (RBG, BMR, LFAE, BRPU, JZJO, MGE). Manejo de datos (GRB, BMR, LFAE, BRPU, JZJO, MGE). Escritura y preparación del manuscrito (GRB, BMR, LFAE). Redacción, revisión y edición (GRB, BMR, LFAE, BRPU, JZJO, MGE). Administrador de proyectos (BMR). Adquisición de fondos (BMR).

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT por la beca proporcionada a Ramírez Balboa Gabriel (No de becario 784778).

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Alonso-Miravalles, L., Zannini, E., Bez, J., Arent, E. K., & O'Mahony, J. A. (2020). Physical and flow properties of pseudocereal-based protein-rich ingredient powders. *Journal of Food Engineering*, 281, Article 109973. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109973>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2005). Official Methods of Analysis. 18th USA.
- Arzapalo Q. D., Huamán C. K., Quispe, M. S., & Espinoza, S. C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. Universidad Nacional del Centro del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1), 44-54. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006&lng=es&tlng=es.
- Badui-Dergal, S. (2006). Química de los alimentos (4a. ed.). México: Pearson Educación.
- Barbosa, M., Espinosa, A., Malagón, D., & Moreno, N. (2005). Producción de Poli-B-Hidroxibutirato (PHB) por *Ralstonia eutropha* ATCC 17697. *Universitas Scientiarum*, 10(1),45-54. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/4936>
- Bernabé, Y., & Cancho, F. (2017). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. [Tesis pregado industrias alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú] <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1221>
- Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O. L., & Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chemistry*, 298, Article 124982. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>
- Coral, T. V., & Gallegos G. R. (2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. *infoANALÍTICA*, 3(1),9-24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382661>
- Cruz, G., Ribotta P., Ferrero, C., & Iturriaga, L. (2016). Physicochemical and rheological characterization of Andean tuber starches: Potato (*Solanum tuberosum* ssp. Andigenum), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and Papalisa (*MLlucus tuberosus* Caldas). *Starch/Stärke*,

- 68(11-12), 1084-1094. <https://doi.org/10.1002/star.201600103>
- Dubois, M. K. A., Giles, J. K., Hamilton, P. A., Reber, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for Determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Flores-Gorosquera, E., García-Suárez, F. J., Flores-Huicochea, E., Nuñez-Santiago, C., González-Soto, R. A., & Bello-Pérez, L. A. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 55 (1), 86-90.
- García-Pacheco, Y. E., Cabrera, D., & Fuenmayor, C. A. (2020). Obtención y caracterización de harinas compuestas de *Cucurbita moschata* D. y *Cajanus cajan* L. como fuentes alternativas de proteína y vitamina A. *Acta agronómica*, 69(2), 89-96. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.80412>
- González-Lemus, L. B., Calderón-Domínguez, G., Salgado-Cruza M. P., Morales-Sánchez E., Martínez-Martínez, V., & Hernández-Rangel, J. L. (2017). Efecto de las condiciones de proceso sobre el grado de extracción de almidón de jícama. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 488-492. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/9/80.pdf>
- Gujjska, E., & Khan, K. (1990). Effect of Temperature on Properties of Extrudates from High Starch Fractions of Navy, Pinto and Garbanzo Beans. *Journal of Food Science*, 55(2), 466-469. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06788.x>
- Hasbún, J. P., Esquivel, A., Brenes, A., & Alfaro, I. (2009). Propiedades fisicoquímicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense*, 33 (1), 77-89. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43612054007>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J.G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28(3), 718-726.
- Jiménez, A., Fabra, M. F., Talens, P., & Chiralt, A. (2012). Edible and biodegradable starch films: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2058-2076. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0835-4>
- Jiménez-Villalba, K., Arrieta-Banquet, L., Salcedo-Mendoza, J., & Contreras-Lozano, K. (2019). Caracterización de harinas y almidones de batatas (*Ipomoea batatas* Lam.) de la costa caribe colombiana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1), Artículo e1185. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1185>
- Julián-Loeza, A. (2009). Propiedades físicas y químicas de tres variedades del fruto de *Annona diversifolia*. [Tesis, Universidad Tecnológica de la Mixteca. México]. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10968.pdf
- Lalaleo, D. (2017). Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir harina y residuos de banano de rechazo. [Tesis de ingeniero en alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24739>
- León-Pacheco, R., Pérez-Macias, M., Fuenmayor-Campos, F., Rodríguez-Izquierdo, A., Rodríguez-Izquierdo, G., & Marín-Rodríguez, C. (2018). Calidad de las raíces en cuatro clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y efecto del régimen de riego. *Bioagro*, 30(1), 87-91. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100009&lng=es&tlng=es
- Madrigal-Ambríz, L. V., Hernández-Madrigal, J. V., Carranco-Jáuregui, M. E., Calvo-Carrillo, M. C., & Casas-Rosado, R. G. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos*

- latinoamericanos de nutrición*. 68(2),175-183. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2018/2/art-8/>
- Mañas, E., & Saura-Calixto, F. (1995). Dietary fibre analysis: methodological error sources. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49 Suppl 3: Article S158-62. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8549514/>
- Martínez-Bahena, E.; Sánchez-Jaramillo, S.N.; Flores-Baltazar, S.N. y Palacios-Sánchez, V.K. (2020). Caracterización del proceso para la producción de inulina a partir de jícama (*Pachyrhizus erosus*) cultivada en Chumbitaro, Michoacán para su utilización como fuente prebiótica. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 708-710. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/10/144.pdf>
- Melgoza-sevilla, O.E.; Cázarez-Barragan, L. & Olivarez-Echeverria, E. (2017). Obtención de inulina a partir de desechos de jícama (*Pachyrhizus erosus*) como fuente prebiótica. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2, 507-512. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/9/83.pdf>
- Moro, T. M. A., Celegatti, C. M., Pareira, A. P. A., López, A.S., Barbin, D. F., Pastore, G. M., & Cleici, M. T. P. S. (2018). Use of burdock root flour as a prebiotic ingredient in cookies. *LWT-Food and science technology*, 90, 540-546. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.059>
- Morrison, W., & Laignelet, B. (1983). An improved procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*, 1, 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(83\)80004-6](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(83)80004-6)
- Nursandi, F., Machmudi, M., Santoso, U., & Indratmi, D. (2017). Properties of different aged jícama (*Pachyrhizus Erosus*) plants. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 77,26-29. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/77/1/012003>
- Ocaña-Palacios, I. A. (2019). Caracterización Físicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos Infrautilizados. [Tesis ingeniero en alimentos, Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Ambato-Ecuador]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30002>
- Rodiles-López, J.,O., Arriaga-Martínez, L.,P., Martínez-Flores, H.,E., Zamora-Vega, R. & García-Martínez, R.,M. (2019). Desarrollo de una tortilla adicionada con harinas de aguacate y nopal y su efecto en la reducción de colesterol, triglicéridos y glucosa en ratas. *Biotecnia*, 21(2), 71-77. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.909>
- Rodríguez, M. (2013). Películas de Harinas de Arroz y Plátano Reforzadas con Nanopartículas de Montmorillonita de Sodio: Caracterización Físicoquímica, Funcional y Molecular. [Tesis de doctorado, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional] <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/14817>
- Rodríguez-Miranda, J., Rivadeneyra-Rodríguez, J. M., Ramírez-Rivera, E. J., Juárez-Barrientos, J. M., Herrera-Torres, E., Navarro-Cortés, R. O. & Hernández-Santos B., (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 15, 37-47.<https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2011/no43/4.pdf>
- Rojas, M. (2012). Estudio de las características fisicoquímicas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y sus efectos en la calidad de hojuelas fritas para su procesamiento en la empresa Pronal S.A. [Tesis Tecnología de alimentos, Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 130p.] <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/633682R741.pdf>
- Romero de la Hoz, D. M., & Tuiran Prado, L. S. (2017). Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la harina precocida de cubio (*Tropaeolum tuberosum* RyP) cultivado en diferentes fuentes de fertilización. [Tesis de pregrado ingeniería en alimentos, Universidad de la Salle, Bogota DC.103p.] https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/74

- Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP) (2019). Cierre de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (octubre, 2021).
- Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R., & Kaur, A. (2017). Wheat starch production, structure, functionality and applications a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 38-58 <https://doi.org/10.1111/ijfs.13266>
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*. 39(3),191-197. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33930206009>
- Vargas-Aguilar, P., & Hernández-Villalobos, D. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista Tecnología en Marcha*, 26 (1), 37-45. <https://doi.org/10.18845/tm.v26i1.1120>
- Velázquez-Barreto, F. F., & Velezmoro, C. (2018). Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. *Scientia Agropecuaria*, 9(2),189-197. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.03>
- Villar-Lozano, N. (2021). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua. [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de València, España. 20 p]. <http://hdl.handle.net/10251/175400>