

Ensayos

Caracterización parcial del chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché), como alternativa de uso industrial para la región Cañada de Oaxaca

Recibido: 10-01-2018 Aceptado: 04-05-2018 (Artículo Arbitrado)

Resumen

La caracterización de materias primas silvestres en México genera la posibilidad de encontrar fuentes biológicamente importantes para alimentación humana o con potencial de utilización para la industria. El chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, es un producto poco utilizado en México por desconocerse sus características y potencialidades biológicas. El objetivo del presente estudio fue obtener y caracterizar harina a partir del fruto de chilacayote. Se determinaron los atributos físicos del fruto y la obtención de harina de la pulpa. La harina se caracterizó en cuanto a sus componentes químicos, físico-químicos y propiedades funcionales tecnológicas. Las características físicas del chilacayote fueron: peso 6.40 kg, pulpa 5.07 kg y semillas 0.24 kg. Los extractos libres de nitrógeno fueron los componentes químicos presentes en mayor porcentaje (31.46%) en la harina. El tamaño de partícula en la harina fue menor de 150 μm , con pH de 6.6 y actividad de agua (aw) de 0.30 a temperatura de 26.6°C. Los valores obtenidos en las propiedades funcionales biológicas y tecnológicas de la harina de chilacayote, permiten pensar en su utilización como complemento o enriquecimiento de otras harinas y denotan su potencial para ser procesada y utilizada en la industria alimentaria.

Abstract

The characterization of wild raw materials in Mexico leads to the possibility of finding biologically important sources for human consumption or for potential use in industry. Chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), belonging to the Cucurbitaceae family, is a rarely used product in Mexico because its characteristics and biological attributes are unknown. The objective of this study was to obtain and characterize the flour obtained from the chilacayote fruit. Chemical components as well as physicochemical and technological functional properties of the flour were determined. Physical characteristics of the chilacayote were: weight 6.40 kg, flesh 5.07 kg and seeds 0.24 kg. The nitrogen-free extracts had the largest presence of chemical components (31.46%) in the flour. The particle size in the flour was less than 150 μm , with a pH of 6.6 and water activity (aw) of 0.30 at a temperature of 26.6°C. The values obtained for the biological and functional technological properties of the chilacayote flour show its possible use as a complement or enrichment of other flours and demonstrate its potential for processing and use in the food industry.

Résumé

La caractérisation des matières premières sauvages au Mexique donne la possibilité de trouver des sources biologiquement importantes pour l'alimentation humaine ou avec un potentiel d'utilisation industrielle. La courge de Siam (*Cucurbita ficifolia*) appartient à la famille des cucurbitacées, c'est un produit peu utilisé au Mexique car on connaît peu ses caractéristiques et ses potentialités biologiques. L'objectif de cette étude est de caractériser la farine obtenue à partir du fruit de la courge de Siam. On a déterminé les attributs physiques du fruit et l'obtention de la farine à partir de la pulpe. La farine est caractérisée par ses composants chimiques, physico-chimiques et ses propriétés fonctionnelles technologiques. Les caractéristiques physiques de la courge de Siam sont : poids 6,40 kg, pulpe 5,07 kg et graines 0,24 kg. Les extraits libres de nitrogène sont les composants chimiques présents en plus grand pourcentage (31,46%) dans la farine. La taille de particule dans la farine est de moins de 150 μm , avec un pH de 6,6 et une activité de l'eau (aw) de 0.30 à une température de 26.6°C. Les valeurs obtenues pour les propriétés fonctionnelles biologiques y technologiques de la farine de courge de Siam permettent de penser à son utilisation pour compléter ou enrichir d'autres farines. Elles montrent également son potentiel pour être produite et utilisée dans l'industrie alimentaire.

C. Antonio-Estrada¹
M.A. Sánchez Hernández²
J.P. Alcántar Vázquez³

^{1, 2, 3}Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita

Correspondencia:

¹carolina_ibq210780@hotmail.com

Palabras clave: Cucurbitaceae, composición química, características físicas, características funcionales tecnológicas

Keywords: Cucurbitaceae, chemical composition, physical characteristics, functional and technological characteristics

Mots-clés: Cucurbitacées, composition chimique, caractéristiques physiques, caractéristiques fonctionnelles technologiques.

Introducción

La alimentación humana equilibrada es un tema que ha quedado en segundo término debido a que las personas se preocupan más por satisfacer sus necesidades de ingesta, consumiendo comidas rápidas sin saber si aportan algún beneficio a su organismo (Rivera, 2007; Barrera et al., 2013). Por otro lado, las personas que habitan en sitios alejados de las ciudades, por diversas razones no cuentan con una variedad de alimentos que cubran sus necesidades biológicas (González, 2007), o bien no utilizan los productos y subproductos de los cultivos con que cuentan por desconocimiento de los beneficios que éstos aportan, basando su dieta en granos y semillas (Crocker et al., 2004).

Lo anterior ha propiciado la búsqueda de alimentos seguros desde el punto de vista biológico, tales como materias primas naturales con cualidades nutricionales importantes para el organismo con buenas características físicas, químicas y funcionales tecnológicas para su procesamiento; además que estén disponibles y económicamente al alcance de toda la población (Rubio, 2008). Lo anterior, ha dado pauta para el análisis bioquímico de aquellas materias primas ya conocidas por las personas, pero muy poco o no estudiadas como es el caso del chilacayote.

El chilacayote, es una planta rastrera-trepadora, perteneciente a la familia cucurbitácea (Delgado et al., 2014; Cerón et al., 2010). Se conoce desde tiempos remotos y se distribuye en varios países incluyendo México, donde se cultiva en comunidades rurales y marginadas del estado de Oaxaca. Su fruto se utiliza para elaborar dulces regionales (Nieto, 2003), o para alimentar animales domésticos; en general, es poco utilizado como alimento en donde se cultiva, ya que es una materia prima poco conocida en cuanto a sus características químicas y funcionales se refiere, dado que en la actualidad existe poca información de los beneficios que esta cucurbita podría aportar a la alimentación humana o de sus características tecnológicas.

En relación con la utilización del chilacayote, sólo se mencionan algunos efectos y aplicaciones secundarias, como el uso de las cucúrbitas para portainjertos en el cultivo del melón (Traka et al., 2000), la presencia de enzimas proteolíticas en la pulpa en general de algunas calabazas (Curotto et al., 2001) y

el efecto hipoglucemiante del jugo evaluado en ratas diabéticas (Alarcon et al., 2002; Xia y Qin, 2006).

La familia cucurbitácea, a la cual pertenece el chilacayote, son en general cultivos poco estudiados y en consecuencia, poco aprovechados en la industria y la alimentación humana, lo que sugiere la necesidad de realizar estudios cualitativos y cuantitativos que ayuden a identificar y conocer compuestos específicos, propiedades y beneficios que brinde el fruto del chilacayote al organismo humano y con ello, lograr un aprovechamiento tanto biológico como industrial de esta especie; además de añadirle un valor económico para las comunidades que la cultivan. Debido a lo anterior, el presente trabajo se planteó como objetivo realizar la caracterización física de los frutos del chilacayote, la obtención de la harina a partir de la pulpa del fruto y su caracterización química, fisicoquímica y funcional tecnológica, con la finalidad de conocer su composición y características principales para uso semi-industrial.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio Químico-Biológico de la Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, Oaxaca, durante los meses de septiembre 2014 a marzo 2015, utilizando una colección de 120 chilacayotes adquiridos en el mercado local de Huautla de Jiménez, Oaxaca; municipio ubicado en la región Cañada del estado de Oaxaca, con coordenadas geográficas de 18° 07' 50" N, 96° 50' 35" O y una altura media de 1575 msnm.

La metodología inició con la caracterización física de los frutos de chilacayote, determinando: peso, color, forma (Pérez et al., 1997; Palomino et al., 2010), apariencia externa, longitud y grosor (Pérez et al., 1997; Ganga y Corke, 1999). Se homogeneizaron los frutos por tamaño para obtener doce muestras de diez frutos cada una. Para obtener la harina a partir de la pulpa de los frutos de chilacayote, se utilizó la técnica descrita por Gutiérrez y Schulz (1992); Ganga y Corke, (1999), con modificaciones realizadas para esta materia prima, las cuales consistieron en la extracción de la pulpa, troceado, homogeneizado, filtrado y secado a una temperatura de 55 °C (Figura 1). Para el secado se utilizó un horno marca Scorpion Scientific (aire forzado). La temperatura de secado se eligió con base en resultados preliminares, donde

a 55 °C las características sensoriales de apariencia tales como color y olor de la pulpa seca resultaron las más aceptables (Costell, 1981). En esta etapa, se determinaron parámetros físicos de los chilacayotes: peso total de semillas, contenido de jugo y pulpa (Pérez et al., 1997; Ganga y Corke, 1999).

solución buffer, a una solución al 1% m/v de harina de pulpa de chilacayote/agua destilada, a temperatura de 35°C. Para el tamaño de partícula en la harina, se utilizó el método de análisis granulométrico por tamizado, el cual consistió en hacer pasar 300 g de muestra a través de una serie de cinco tamices con diferente número de malla: 35, 50, 60, 80 y 100.

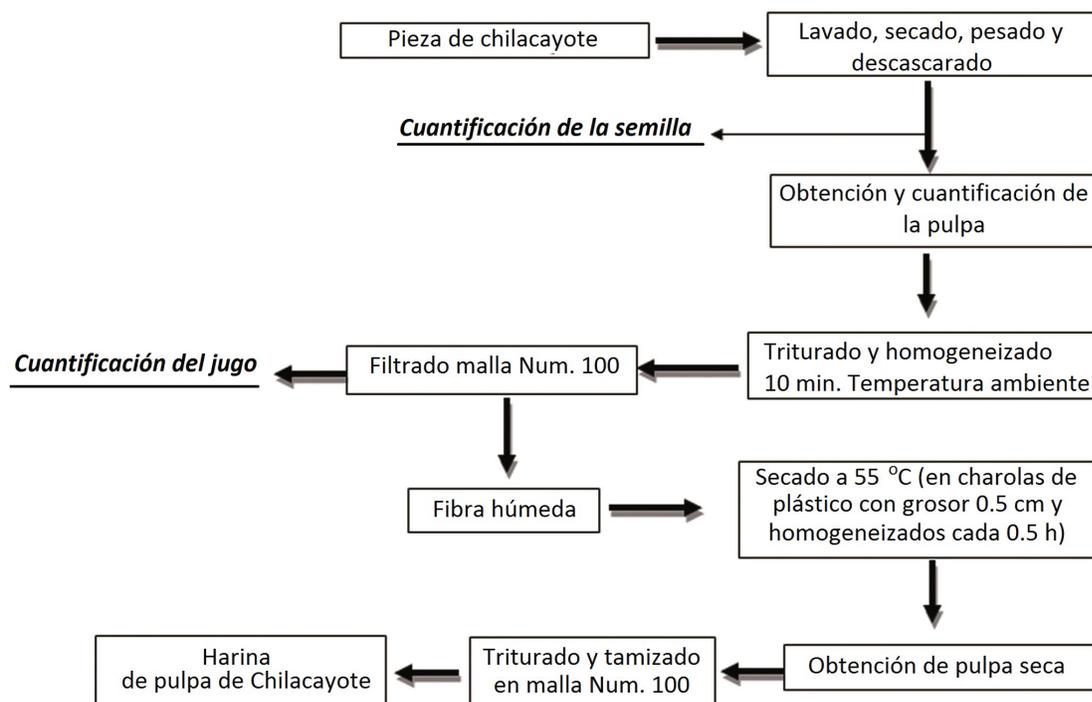


Figura 1. Metodología utilizada en la obtención de la harina de pulpa de chilacayote.

Las características químicas de la harina se determinaron de la siguiente manera: humedad (método 925.09: AOAC, 1997), cenizas (método 923.03: AOAC, 1997), contenido de lípidos (método 920.39: AOAC, 1997) y proteínas (método 954.01: AOAC, 1997). La fibra cruda se cuantificó a partir de harina desengrasada, con base en el método descrito por Tejeda (1992), la cual consiste en tratar la muestra con ácido nítrico tricloroacético y acético, su filtración y cuantificación por calcinación. El extracto libre de nitrógeno se determinó por diferencia al restar a 100 los componentes químicos anteriores.

La actividad de agua (a_w) de la harina se determinó utilizando un higrómetro electrónico aqualab 3TE (Decagon Devices, Pullman, Washington, USA) en una muestra de 5 g. El pH se midió con un potenciómetro con electrodo de vidrio, calibrado con

Después de 15 minutos se pesaron las fracciones retenidas en cada uno de los tamices, cuantificándose los porcentajes de retención (Fernández *et al.*, 2008). Las propiedades funcionales tecnológicas de la harina: solubilidad en agua, capacidad de absorción de agua, factor de hinchamiento (Guízar *et al.*, 2008), capacidad de absorción de aceite (Beuchat, 1977), capacidad emulsificante (Chau *et al.*, 1997) y capacidad de formación de espuma (Bencini, 1986) se realizaron a temperatura ambiente ($35 \pm 1^\circ\text{C}$) coincidiendo en general con las metodologías descrita por Ramírez y Pacheco (2009).

Con la finalidad de identificar de forma preliminar las posibles diferencias de la harina de chilacayote con una harina convencional, se realizó una comparación entre la harina de pulpa de chilacayote y la harina comercial de trigo mediante espectroscopía

de absorción infrarroja, utilizando el equipo Spectrum Two 87144, Perkin Elmer.

Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2010), se calcularon la media y la desviación estándar para los resultados obtenidos por triplicado de cada muestra en cada determinación.

Resultados y discusión

Derivado de los análisis realizados se encontró que los chilacayotes son de forma ovoide-redondeada con textura externa lisa, cáscara de color crema con manchas alargadas en verde más intenso, o bien cáscara de color crema con vetas cortas blancas (Figura 2). La parte interna de los frutos mostraron color blanco con hilos gruesos entrelazados del mismo color y semillas de color crema, café o negras. Estos resultados concuerdan con algunas características encontradas por Delgado et al. (2014) para esta misma especie de planta cultivada en el norte del Perú.

Es importante indicar que esta variabilidad en coloración obedece a que en México, pese a que es uno de los principales poseedores de la diversidad genética de calabazas, no existen variedades mejoradas de chilacayote acordes a las necesidades de los agricultores en las diferentes regiones agrícolas (Cerón et al., 2010). Delgado et al. (2014) efectuaron una caracterización de cucurbitáceas y reportaron para *C. ficifolia* Bouché una gran diversidad morfológica en diferentes accesiones, dicha variabilidad ocurrió principalmente en forma, tamaño, color de frutos y semillas, encontrando que el color principal de la cáscara varió de crema y blanco hasta verde, y el secundario fue mayormente blanco con jaspeado sobre los frutos verdes, siendo dominante el carácter suave de la cáscara sobre el rugoso que se comporta como un carácter poco frecuente en la especie.



Figura 2. Características físicas externas de los frutos de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché) cultivados en la región Cañada, Oaxaca, México.

Las características físicas de los frutos de chilacayote se presentan en la Tabla 1. El peso promedio de los frutos fue de 6.40 ± 1.58 kg. Con base en los resultados obtenidos, los chilacayotes se pueden clasificar en medianos con peso promedio de 5.4 ± 0.7 kg y porción comestible (pulpa sin semillas) de 4.3 ± 0.3 kg y en grandes de 8.3 ± 0.7 kg con porción comestible de 6.6 ± 0.7 kg.

Las características físicas muestran que esta especie presenta un rendimiento alto en cuanto a la parte comestible, ya que el peso de la pulpa fue del 79%. Así mismo la pupa, cantidad de jugo y semillas, son altos en comparación con otras especies no convencionales propuestas para la obtención de harinas tales como la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) con peso promedio de 1 kg (Palomino et al., 2010), la papa criolla (*Solanum phureja*) 0.038 kg (Butrago et al., 2004) y el camote (*Dioscorea spp.*) con un peso de 0.4 a 0.9 kg (Guízar et al., 2008).

La Figura 3 presenta la cinética de secado para la pulpa de chilacayote. El porcentaje de humedad inicial fue de 88.8%, la cual disminuyó un 3.4% durante la primera hora de secado, registrándose una humedad del 85.8%. Durante la segunda hora de secado la humedad promedió 76.4% lo que dio equivalencia a una reducción de 14%. Después de tres horas de secado la humedad fue de 24%, lo que explica una pérdida de 72.9% de agua en relación con la muestra inicial. Para la hora 4 y 5 se obtuvieron disminuciones en humedad de 3.8 y 3.2%, respectivamente, lo que representó una pérdida de humedad de 95.7 y 96.4% en la muestra original. Durante las 2 horas siguientes la humedad de secado de la muestra no varió, por lo que se consideró un tiempo de secado de 5 horas, ya que, a partir de este tiempo, la pulpa de chilacayote presentó un porcentaje de humedad constante, momento en que puede ser transformada en harina y tener una vida útil larga (Badui, 2013).

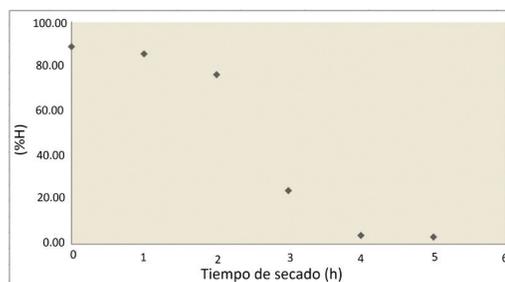


Figura 3. Cinética de secado de pulpa de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* B.) a 55°C

Tabla 1. Resultados de la caracterización física de muestras de frutos de chilacayote (*Cucurbita ficifolia*).

Muestras*	Peso (kg)	Longitud (cm)	Anchura (cm)	Peso cáscara (kg)	Pulpa (kg)	Peso Semillas (kg)	Vol. Jugo (L)
1	6.38	27.80	22.80	1.49	4.56	0.32	4.00
2	8.45	29.00	21.00	2.00	5.97	0.48	4.22
3	5.85	30.00	20.00	0.98	4.41	0.46	3.45
4	6.32	27.00	23.70	0.97	5.10	0.26	4.10
5	8.85	36.60	24.40	1.08	7.50	0.27	4.84
6	4.76	25.60	21.90	0.79	3.79	0.18	3.31
7	4.98	25.50	21.20	0.67	4.11	0.21	2.06
8	8.78	33.20	25.60	1.45	7.07	0.26	5.00
9	5.74	32.90	18.90	0.99	4.60	0.16	3.30
10	7.20	35.10	21.50	1.10	5.95	0.15	3.55
11	4.87	26.00	21.00	0.65	4.16	0.06	2.43
12	4.64	28.20	18.20	0.88	3.68	0.09	3.42
PROMEDIO	6.40	29.74	21.68	1.09	5.07	0.24	3.64
DS	1.58	3.837	2.17	0.39	1.06	0.13	0.87

* Cada muestra representa el promedio de 10 chilacayotes analizados.
DS: Desviación estándar.

Como se observa en la Tabla 2, la composición química de la harina de pulpa de chilacayote, demuestra que los compuestos libres de nitrógeno, en donde los carbohidratos son el componente principal, son las biomoléculas que representan el mayor porcentaje presente con un valor de 31.5%, porcentaje mayor que en otras fuentes de harina no convencionales como la obtenida de cotiledón de la leguminosa algarrobo (*Prosopis chilensis*) con 17.7% (Escobar *et al.*, 2009) y la de lombriz con 3.9% (Vielma y Medina, 2006).

El porcentaje de humedad en la harina de pulpa del chilacayote, fue de 3.2%, valor que relaciona una actividad de agua baja (a_w), que en este caso resultó de 0.3 ± 0.0 a temperatura de $26.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$, característica importante que coloca a esta harina como un alimento no percedero y estable durante el almacenamiento, aún a temperatura ambiente (Baudi, 2013). En la Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) García *et al.* (2007) estudiaron la estabilidad de las características funcionales durante 90 días bajo condiciones de bajo contenido de humedad (5.8%), demostrando una baja actividad de agua (0.46).

Tabla 2. Comparación de componentes químicos entre harina de pulpa de chilacayote (*Cucurbita ficifolia*) y harina de otras fuentes.

Componente	% Presente				
	Chilacayote (<i>Cucurbita ficifolia</i>)	Trigo ¹ (<i>Triticum</i> spp.)	Cotiledón de algarrobo ¹ (<i>Prosopis chilensis</i>)	Yuca blanca ² (<i>Manihot esculenta</i> C.)	Lombriz ³ <i>Eisenia foetida</i>
Humedad	3.2 ± 0.0	9.0 ± 0.1	6.3 ± 0.0	5.93 ± 0.22	13.5 ± 0.1
Cenizas	4.9 ± 0.1	0.6 ± 0.0	4.3 ± 0.1	2.03 ± 0.02	6.0 ± 0.8
Proteínas	0.4 ± 0.1	9.2 ± 0.1	63.6 ± 0.1	1.8 ± 0.15	61.8 ± 0.2
Lípidos	0.3 ± 0.3	1.1 ± 0.4	10.2 ± 0.2	0.34 ± 0.05	11.1 ± 0.2
Fibra cruda	22.7 ± 0.0	0.6 ± 0.0	4.2 ± 0.1	10.61 ± 0.05	3.7 ± 0.4
ELN*	31.5	88.5±0.4	17.7±0.7	79.29	3.9 ± 0.3
ARD**	5.7 ± 0.3	NE	NE	NE	NE

*Extracto Libre de Nitrógeno, Calculado por diferencia.

**ARD: azúcares Reductores Directos.

¹Escobar, 2009; ² Techeira et al., 2014; ³Vielma y Medina, 2006.

NE: No especificado.

El contenido de cenizas (4.9%), es un indicador de la biodisponibilidad de minerales existentes, sugiriendo que en los terrenos de la región cañada esa presencia es alta y que su absorción por las cucurbitas es bastante eficiente, al presentarse en alta proporción en tejido vegetal. Dicho valor se considera elevado si se compara con los resultados encontrados en otras harinas vegetales, tales como la malanga (2.6%) (Palomino *et al.*, 2010), yuca blanca ($2.0 \pm 0.02\%$) (Techeira *et al.*, 2014), maíz (1.2-1.4%) (Flores *et al.*, 2002), frijol (1.9%) (Granito *et al.*, 2003) y trigo (0.6%) (Escobar *et al.*, 2009), lo que ubica a la harina de pulpa de chilacayote como una fuente alta de minerales.

Aunque en cantidad menor que en otras fuentes propuestas y estudiadas para la obtención de harina, como el mapuey (*Dioscorea trifida*) (Bou *et al.*, 2006), la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) (Benitez *et al.*, 2008) y la lombriz (*Eisenia foetida*) (Vielma, 2006), las proteínas (0.4 ± 0.1) y los lípidos (0.3 ± 0.3), están presentes en la harina de pulpa de chilacayote, lo cual aumenta su valor biológico, debido a que las proteínas, polímeros formados de aminoácidos esenciales, poseen propiedades nutrimentales que ayudan en el crecimiento y funciones vitales de quienes las consumen. Así también, las proteínas confieren ciertas características tecnológicas importantes para el procesado de alimentos, tal como la reacción de maillard (reacción entre el grupo amino del aminoácido de una proteína y un azúcar reductor) (Badui, 2013), indispensable en panificación.

Por otra parte, se ha indicado que los lípidos de fuentes naturales como los aceites, pigmentos y algunas vitaminas (Laguna *et al.*, 2009), aportan energía y buenos beneficios al organismo, ya que participan en los sistemas de transporte de nutrientes, son componentes de las membranas celulares, mejoran la textura de los alimentos y mantienen estable la temperatura del organismo al ser malos conductores del calor (Badui, 2013). Esto posiciona a la harina de pulpa de chilacayote como un alimento funcional tanto desde el punto de vista biológico como tecnológico.

La cantidad de carbohidratos presentes en la harina, en comparación con los demás componentes, le agrega calidad biológica a la harina de chilacayote, ya que estas biomoléculas son una fuente natural importante de energía en el organismo. En este

sentido, los azúcares reductores directos presentes en la harina de chilacayote ($5.7 \pm 0.3\%$), superan a los encontrados en otras fuentes naturales como la pera (2.4%), ciruela (4.0%), fresa (2.6%) y chabacano (2.0%) (Hasbún *et al.*, 2009). Esto indica la funcionalidad biológica de la harina en estudio, ya que la glucosa es el principal monosacárido utilizado por los animales incluyendo al hombre, en la generación de ATP a nivel celular (Laguna *et al.*, 2009).

La cantidad de fibra cruda que incluye celulosa y lignina, aunque son compuestos insolubles por los monogástricos, realizan una función fisiológica importante en el tránsito intestinal y evacuación, lo cual aporta un valor más a la harina de chilacayote, cuyo valor encontrado fue de $22.7 \pm 0.0\%$, resulta ser mayor que la fibra presente que en otras fuentes como la piña ($13.7 \pm 0.0\%$) (Ramírez, 2009), el trigo con 0.6% (Escobar *et al.*, 2009), la yuca 10.6% (Techeira *et al.*, 2014) y la lombriz ($3.7 \pm 0.4\%$) (Vielma, 2006).

El 31.5% restante, corresponde por diferencia a los compuestos libres de nitrógeno, en donde los carbohidratos digeribles, algunas vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados, como la fibra soluble (pectinas, hemicelulosa, gomas), almidón, disacáridos y algunos oligosacáridos están representados (Laguna *et al.*, 2009). Este porcentaje encontrado resultó mayor que el cuantificado en otras fuentes no convencionales de harinas como la yuca ($<10.61\%$) (Techeira *et al.*, 2014), harina de cotiledón de algarrobo ($<4.2\%$) (Escobar *et al.*, 2009), mapuey blanco ($<0.01\%$) (Bou *et al.*, 2006) y en algunas frutas como la piña ($2.0 \pm 0.04\%$), guayaba ($11 \pm 0.0\%$) y guanábana ($8.9 \pm 0.7\%$) (Ramírez, 2009). Esto coloca a la harina de chilacayote como un alimento funcional biológico, ya que estos componentes son importantes en la alimentación humana al ayudar en el buen funcionamiento y salud de todo organismo (Plaza *et al.*, 2012).

Los valores de retención de harina en tamices de malla número 35, 50, 60, 80 y 100 fueron de 4.5, 5.4, 8.1, 13.1 y 26.6%, respectivamente, mientras que el valor de partículas finas ($<150 \mu\text{m}$) fue de 45.7%, porcentaje similar al obtenido en harinas convencionales como la de maíz (Fernández *et al.*, 2008). Lo anterior demuestra la baja resistencia de la pulpa de chilacayote a la trituración, característica físico-química requerida en la industria para la transformación de materias

primas en partículas finas y obtención de harina. Esta característica es una de las principales que determinan las propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas (viscosidad) de algunos productos (Bello *et al.*, 2002), principalmente en la panificación.

Srinivasan (2010) y Badui (2012), mencionan que las características funcionales tecnológicas son parámetros importantes de las harinas para su uso a nivel industrial. En este sentido, su determinación y análisis en la harina de pulpa de chilacayote mostró que a un pH 6.6 no presenta capacidad emulsificante (Tabla 3), lo cual coincide con la mayoría de las harinas con contenido de lípidos bajos como en este caso. Sin embargo, la utilización de este tipo de harinas en la elaboración de productos no representa una desventaja, pues a nivel industrial se utilizan emulsificantes (Pasquel, 2001).

Para el factor de hinchamiento se obtuvo un valor de 4.0 ± 0.0 mL/g, valor que hace considerar a la harina de chilacayote con alto potencial para la industria de la panificación. Por su parte, la solubilidad ($1.29 \pm 0.02\%$) y capacidad de absorción de agua (0.35

$\pm 0.04\%$), indican que la harina de pulpa de chilacayote puede utilizarse en la elaboración de productos base agua, o bien para alimentos que requieran baja humedad como son galletas y panes integrales.

La capacidad de absorción de aceite fue de 0.13 ± 0.01 . Este valor se considera bajo, lo que indica que tiene potencial en la elaboración de alimentos fritos, ya que los productos obtenidos, tendrían buena textura y apariencia física al no absorber cantidades altas de aceite (Hasbún *et al.*, 2009). En cuanto a la capacidad de formación de espuma (capacidad para retener y aumentar el volumen), el valor fue de $1.90 + 0.01\%$, indica que la harina en estudio puede emplearse en la elaboración de productos que requieren volumen, como son los helados y merengues, entre otros (Badui, 2012).

Al efectuar la comparación de espectros entre la harina de chilacayote y la harina comercial de trigo (*Triticum aestivum*), se observó una variación en los componentes en el intervalo de longitud de onda de 1200-1600 nm (Figura 4). De acuerdo con algunos autores (Skoog *et al.*, 2001; Kenneth, 2001), la diferencia es mínima, ya que los valores en el aspecto y distribución de los picos encontrados en la región de la huella dactilar (600 a 1200 nm), indican pequeñas diferencias en estructura y constitución de las moléculas presentes. Las diferencias mínimas observadas en la distribución de los picos en esta región, hace evidente la identidad de los compuestos presentes en las harinas comparadas (Mondragón, 2011).

Tabla 3. Características funcionales tecnológicas de la harina de pulpa de chilacayote.

Propiedad funcional tecnológica	Resultado
Índice de solubilidad en agua (%)	1.29 ± 0.02
Capacidad de absorción de agua (%)	0.35 ± 0.04
Capacidad de absorción de aceite (%)	0.13 ± 0.01
Capacidad emulsificante (%)	No se detectó
Capacidad de formación de espuma (%)	1.90 ± 0.01
Factor de hinchamiento (mL/g)	4.00 ± 0.01

* El resultado en cada propiedad representa el promedio de tres determinaciones realizadas \pm desviación estándar.

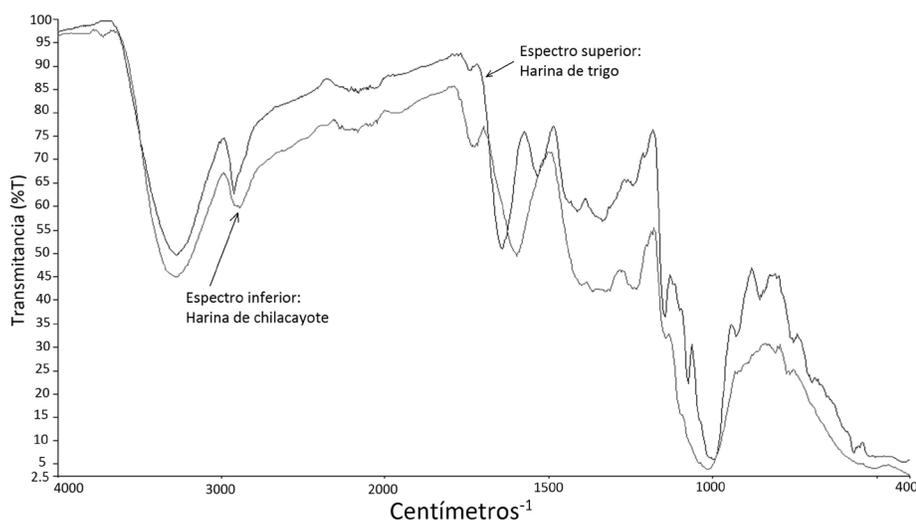


Figura 4. Comparación de espectros IR de la harina de pulpa de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché) (espectro inferior) y harina de trigo (*Triticum spp.*) (espectro superior).

Conclusiones

Las características químicas, físico-químicas y tecnológicas encontradas en la harina de pulpa de chilacayote, hacen de esta materia prima un alimento funcional biológico con características potenciales de uso para ser procesada en la industria alimentaria, ya sea como base o aditivo para enriquecer otras harinas ya existentes. Además, sus características químicas hacen que cumpla con los parámetros de humedad y tamaño de partícula establecidos por los organismos encargados de vigilar la calidad de harinas para consumo humano (NOM-247-SSA1-2008; CODEX STAN 152-1985).

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad del Papaloapan por el apoyo brindado en la realización del trabajo (FO-UNPA/0032/14).

Bibliografía

- Alarcon, A. F. J., Galicia, H. E., Campos, S. A. E., Xolalpa, M. S., Rivas, V. J. F., Vázquez, I. I. (2002). Evaluation of the hypoglycemic effect of *Cucurbita ficifolia* Bouché (Cucurbitaceae) in different experimental models. *Journal of Ethnopharmacology*. Vol. 82(2-3). 185-189.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (1997). *Official Methods of Analysis*. 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Badui, D. S. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica*. México D.F. Editorial Pearson.
- Badui, D. S. (2013). *Química de los alimentos*. México, D.F. Editorial Pearson.
- Barrera, C. A., Rodríguez, G. A., Molina, A. M. A. (2013). Escenario Actual de la Obesidad en México. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. Vol. 51(3). 292-299.
- Bello, P. L. A., Osorio, D. P., Agama, A. E., Núñez, S. C., Paredes, L. O. (2002). Chemical, physico-chemical and rheological properties of masas and nixtamalized corn flour. *Agrociencia*. Vol. 36. 319-328.
- Bencini, M. (1986). Functional properties of drum-dried chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours. *Journal Food Science*. Vol. 51(6). 1518-1526.
- Benitez, B., Archile, A., Rangel, L., Ferrer, K., Barboza, Y., Marquez, E. (2008). Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia*. Vol. 33(1). 61-65.
- Beuchat, L. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succynalated peanut flour proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 25. 258-263.
- Bou, R. L., de Vizcarrondo, C. A., Rincón, A. M., Padilla, F. (2006). Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. Vol. 56(4). 375-383.
- Buitrago, V., López, P. A., Coronado, P. A., Osorno, L.F. 2004. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Vol. 8(1). 102-110.
- Cerón, G. L., Legaria, S. J. P., Villanueva, V. C., Sahagún, C. J. (2010). Genetic diversity in four species of Mexican squash (*Cucurbita* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 33(3). 189-196.
- Chau, C. F., Cheung, K., Wong, Y. S. (1997). Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 45. 2500-2503.
- Codex Alimentarius. (1995). Norma del Codex para la harina de trigo. Normas Internacionales de los alimentos. Codex Stan 152-1985 p. 1-4.
- Costell, E., Duran, L. (1981). Análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos. *Revista de Agroquímica y Tecnología de los alimentos*. Vol. 21(4). 454-470.
- Crocker, S. R., Tunuri, A., González, C., López, L. M., Ruiz, D. L., Andrade, U. D., Gutiérrez, G. Y. (2004). Interculturalidad alimentario-nutricional en la etnia wixarika de México. *Revista Española de Salud Pública*. Vol. 78(6). 691-700.
- Curotto, E., González, G., O'reilly, S., Tapia, G. (2001). Isolation and partial characterization of a protease from *Cucurbita ficifolia*. *FEBS letters*. Vol. 243(2). 363-365.
- Delgado, P. G. E., Rojas, I. C., Sencie, T. A., Vázquez, N.

- L. (2014). Characterization of fruits and seeds of some cucurbits in Northern Peru. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 37(1). 7-20.
- Escobar, B., Estévez, A. A., Fuentes, G. C., Venegas, F. D. (2009). Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis*) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. Vol. 59(2). 191-198.
- Fernández, M. J. L., San Martín, M. E., Díaz, G. J., Calderón, A., Ortíz, H. (2008). Evaluación de las Distribuciones de Tamaño de Partícula de Harina de Maíz Nixtamalizado por medio de RVA. *Superficies y Vacío*. Vol. 21(3). 25-30.
- Flores, F. R., Martínez, B. F., Salinas, M. Y., Ríos, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. Vol. 36(5). 557-567.
- Ganga, Z. N., Corke, H. (1999). Physical properties of starch of Asian-adapted potato varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 79(12). 1642-1646.
- García, A., Pacheco, D. E., Tovar, J., Pérez, E. (2007). Physicochemical and functional characterization of the arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) flours for instant soups. *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol. 5(5). 384-393.
- González, C. H., Macías, M. A. (2007). Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México. *Desacatos*. Vol. 25. 47-78.
- Granito, M., Torres, A., Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*. Vol. 28(7). 372-379.
- Guízar, M. A., Montañez, S. J. L., García, R. I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote de cerro (*Dioscorea* spp). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Vol. 9(1). 81-88.
- Gutiérrez, B., Schulz, E. (1992). Características físicas y químicas de harina blanca y almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista de la Facultad de Agronomía UCV*. Vol. 18. 95-105.
- Hasbún, J., Esquivel, P., Brenes, A., Alfaro I. (2009). Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense*. Vol. 33(1). 77-89.
- Kenneth, A. R., Rubinson, J. F. (2001). *Análisis instrumental*. Traducido al español por Ros L. Madrid, España: Prentice Hall.
- Laguna J., Piña E., Martínez, M. F., Pardo, V. J. P., Riveros, R. H. (2009). *Bioquímica de Laguna*. México, D.F. Editorial Manual Moderno.
- Mondragón, C. P. M., Ulloa, J. A. (2011). Identificación de alimentos adulterados mediante espectroscopia de infrarrojo. *Revista Fuente*. Vol. 3(6). 5-8.
- Nieto, G. B. (2003). *Dulces tradicionales mexicanos*. México D.F. Selector Editor.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. En: *Diario Oficial de la Federación*. DOF: 27/07/2009.
- Palomino, C., Molina, Y., Pérez, E. (2010). Physical and chemical characterization of flour and starches of tubers of *Colocasia esculenta* (L.) Schott and *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)*. Vol. 36(2). 58-66.
- Pasquel, A. (2001). Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*. Vol. 1(1). 1-8.
- Pérez, E., Lares, M., González, Z. (1997). Some characteristics of Sagu (*Canna edulis kerr*) and zulu (*Maranta* sp.) rhizomes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 45(7). 2546-2549.
- Plaza, D. J., Martínez, A. O., Gil, H. A. (2013). Food as sources of mono and disaccharides: biochemical and metabolic aspects. *Nutrición Hospitalaria*. Vol. 28(4). 5-16.
- Ramírez, A., Pacheco, D.E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*. Vol. 34(4). 293-298.
- Rivera, B. M. R. (2007). La educación en nutrición, hacia una perspectiva social en México. *Revista Cubana de Salud Pública*. Vol. 33(1). 1-13.
- Rubio, B. (2008). Crisis alimentaria: abundancia y hambre. De la crisis hegemónica y financiera a la crisis alimentaria. *Impacto sobre el campo mexicano*. *Argumentos*. Vol. 21(57). 35-52.
- Sas Institute Inc. (2010). *Sas/Stat® 9.22. User's Guide*.

- Cary, NC: SAS Institute Inc., Cary NC, USA. 8444 p.
- Sánchez, M. F. J. (2012). Dietary fibre and cardiovascular health. *Revista Nutrición Hospitalaria*. Vol. 27(1). 31-45.
- Skoog, A. D., Holler, J. F., Nieman, A. T. (2001). *Principios de análisis instrumental*. Madrid, España: Mc Graw-Hill.
- Srinivasan D. (2010). Principales componentes de los alimentos. En: *Química de los Alimentos*. España. Acribia editorial.
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica, 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*. Vol. 39(3). 191-197.
- Tejeda, H. I. (1992). *Análisis de alimentos para animales*. México D. F. Alhambra Editor.
- Traka, M. E., Koutsika, S. M., Pritsa, T. (2000). Response of squash (*Cucurbita* spp.) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). *Scientia Horticulturae*. Vol. 83(3-4). 353-362.
- Vielma, R., R. A., Medina, A. L. (2006). Determinación de la composición química y estudios de solubilidad en la harina de lombriz *Eisenia foetida*. *Revista de la Facultad de Farmacia*. Vol. 48(1). 2-8.
- Xia, T., Qin, W. 2006. Antihyperglycemic effect of *Cucurbita ficifolia* fruit extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Fitoterapia*. Vol. 77(7-8). 530-533.