

Polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de papaya: producción y caracterización

K. F. Romo Zamarrón*, L. E. Pérez Cabrera, R. E. Ramírez Carrillo, y G. C. Días Narvaez
Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria Aguascalientes, Ags., México. Autor de correspondencia: e-mail: kafa_69@hotmail.com

RESUMEN: Las cáscaras de papaya contienen una cantidad abundante de fibra dietaria antioxidante, y mediante su revalorización se contribuye a la disminución de la contaminación medio ambiental. El objetivo de este trabajo fue obtener y caracterizar polvos de cáscaras de papaya, para determinar el mejor proceso y evaluar sus posibles aplicaciones. Las cáscaras fueron seleccionadas, desinfectadas y deshidratadas (arrastre de aire caliente (50 °C/24 h); liofilización (0.0099 °C/vacío)), se molieron y tamizaron obteniendo dos tamaños de partícula: 1) >300 µm, 2) 250 µm a <180 µm (AC1, AC2, LIO1, LIO2). Se realizaron análisis microbiológicos y se determinó fibra dietética soluble (FDS) e insoluble (FDI), pH, °Bx, a_w, solubilidad, capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC), color, capacidad antioxidante y compuestos polifenólicos. Se demostró que la producción de los polvos fue inocua. Los polvos AC1 y LIO2 presentan mayor contenido de FDI, mientras que los polvos AC2 y LIO2 presentan mayor contenido de FDS, a_w y solubilidad, relacionado con el tamaño de la partícula. Los polvos liofilizados fueron más ácidos y presentaron mayor CRA y CRAC vinculado con la porosidad, estos mismos, presentaron un tono anaranjado más puro y translucido, y también presentaron mayor actividad antioxidante y compuestos polifenólicos.

Palabras clave: papaya, cáscaras, polvos, propiedades funcionales.

ABSTRACT: Papaya hulls contain an abundant amount of antioxidant dietary fiber, and by means of their revaluation they contribute to the reduction of environmental contamination. The objective of this work was to obtain and characterize papaya peel powder, to determine the best process and evaluate its possible applications. The husks were selected, disinfected and dehydrated (warm air drag (50 °C / 24 h), lyophilization (0.0099 °C / vacuum)), ground and sieved obtaining two particle sizes: 1) > 300 µm, 2) 250 µm to <180 µm (AC1, AC2, IOL1, IOL2). Microbiological analyzes were performed and soluble dietary fiber (SDF) and insoluble fiber (FDI), pH, °Bx, a_w, solubility, water retention capacity (CRA) and oil (CRAC), color, antioxidant capacity and polyphenolic compounds were determined. It was shown that the production of the powders was innocuous. Powders AC1 and LIO2 have a higher content of FDI, while powders AC2 and LIO2 have a higher content of FDS, ° Bx, a_w and solubility, related to the size of the particle. The lyophilized powders were more acidic and had higher CRP and CRAC linked with porosity, these had a purer and translucent orange tone, and also showed higher antioxidant activity and polyphenolic compounds.

Keywords: papaya, husks, powders, functional properties.

Área: Aprovechamiento y valoración de Subproductos

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos procesados y mínimamente procesados, principalmente de frutas y hortalizas troceadas y empacadas, ha aumentado considerablemente en los países desarrollados y en desarrollo, por su aporte nutricional, fácil accesibilidad y la falta de tiempo que existe actualmente en las familias o personas que trabajan a tiempo completo de preparar los alimentos en casa (Giraldo *et al.*, 2004). Los tratamientos más comunes de los productos mínimamente procesados son pelado y troceado (Giraldo, 2006). Hoy en día en México, existen diversas industrias que producen este tipo de productos, entre ellas se encuentran las pequeñas empresas, las que por obvias razones no cuentan con un sistema de control de los subproductos, por lo que dichos subproductos terminan utilizándose como alimento para ganado o en la mayoría de los casos enviados a rellenos sanitarios, en donde, se produce

una grave contaminación del medio ambiente, por la alta cantidad de gases con efecto invernadero que este tipo de materias produce, los cuales son considerados como los segundos causantes a nivel mundial de la emisión de estos gases.

Entre los frutos que más se comercializan en este tipo de empresas se encuentran la papaya con un consumo per cápita de 6.5 Kg (SIAP, 2018), la alta demanda de esta fruta tropical se debe principalmente a los beneficios que proporciona a la salud, por sus múltiples cualidades nutricionales, funcionales y diuréticas, además de ser frutos que se encuentran disponibles durante todo el año en el mercado. Sin embargo, durante el procesado industrial de la papaya se retiran las cáscaras y las semillas, las cuales representan aproximadamente entre un 20 a 25% del peso total de la papaya. Por lo que, con el aumento de la producción y consumo, los subproductos que se generan también aumentan proporcionalmente (Ketnawa, Chaiwut, & Rawdkuen, 2012; Koubala *et al.*, 2014).

Estudios han demostrado (Martínez *et al.*, 2012), que dichos subproductos, en específico las cáscaras, tienen componentes nutricionales de gran importancia, tales como fibras antioxidantes que pudieran ser utilizados por el ser humano en su alimentación (Saura *et al.*, 2007). Por otro lado, se conoce que estos subproductos son generados por qué no presentan características sensoriales agradables para el consumidor, principalmente de textura, por lo que, el procesado de dichos subproductos por algún método tecnológico tal como la producción de polvos, supone una vía alternativa para facilitar su consumo, sin embargo los efectos antioxidantes que presentan dichos subproductos dependen de cómo se encuentran ligados los carbohidratos a los compuestos fenólicos, por lo que el proceso de deshidratación y tamaño de partícula que presenten los polvos puede interferir positiva o negativamente en sus propiedades físicas y químicas, así como en la biodisponibilidad y bioaccesibilidad de dichos compuestos.

Es por estas razones que el presente trabajo tuvo como objetivo contribuir en la revalorización de los subproductos papaya, provenientes de dos pequeñas industrias del estado de Aguascalientes, mediante la producción de polvos de alimentarios producidos por diferentes métodos y evaluando sus propiedades, para establecer su efectividad como ingredientes alimenticios y sus posibles aplicaciones en la producción de nuevas matrices alimenticias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producción de los polvos de cáscaras de papaya

Los subproductos fueron sometidos a un proceso de selección, se lavaron y desinfectaron por inmersión con una solución (2 mL/10 L de agua) de Nicom PQ (Procesadores de aditivos S.A de C.V., Investa de México S.A de C.V., MX; componente activo: ácido cítrico) se retiró el exceso de la solución por centrifugación manual (Ilko, México) y posteriormente se sumergieron en agua a 90 °C por 30 min para inactivar las enzimas, transcurrido el tiempo se retiró el exceso de agua por medio de centrifugación manual (Ilko, México). Los subproductos se separaron en dos lotes, el primer lote fue secado por aire caliente forzado (Excalibur Products, 3500, USA) a una temperatura de 57 °C durante 8 h (AC). El segundo lote fue previamente congelado a -78 °C (SO-LOW, U40-13, USA), y posteriormente fue liofilizado en una unidad de laboratorio (Labconco, FreeZone® Legacy, 7752020, USA) el cual deshidrató las muestras por medio de sublimación, a una temperatura de 0.0099 °C y una presión de 610.5 Pa y se dejaron en el equipo hasta obtener una humedad relativa de aproximadamente 5% (LIO). Los subproductos deshidratados se sometieron a una molienda (Oster, 6859, MEX) y tamizado (Tamizadora, Quimilab; Tamices, Flicc. S.A de C.V, MEX) durante 30 min. Los polvos fueron divididos en dos tamaños de partícula: 1) >300 µm y 2) 250 µm a <180 µm (AC1, AC2, LIO1, LIO2). Se envasaron en envases de polipropileno blanco para evitar el contacto directo de las muestras con la luz y se almacenaron en refrigeración -5 °C (Mabe, RMV61WIEM, USA), hasta su posterior análisis.

Análisis microbiológicos

Se siguió el método de vaciado en placa, se determinaron coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994); mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), así como hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994). Se realizaron las diluciones de las muestras de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-110-SSA1-1994 establecida para la preparación de las diluciones de las muestras.

Fibra dietética insoluble y soluble

El contenido de fibra dietética se determinó por medio del método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43 y AACC 32-07.01), mediante adaptaciones a las especificaciones del Kit de determinación de Fibra Dietética Total (soluble e insoluble) K-TDFR-200A (MEGAZYM, IRL). Las determinaciones se realizaron por triplicado en las diferentes muestras, y los resultados se expresaron en g de fibra total, soluble e insoluble/100 g de producto.

pH, actividad de agua (a_w) y solubilidad en agua

El pH se determinó a una temperatura de 25 °C con un potenciómetro (Hanna Instruments, HI99163, USA) previamente calibrado. La actividad del agua de las golosinas gelificadas se determinó a una temperatura de 25 °C, mediante la utilización del método de Punto de Rocío, se realizó con un higrómetro (Decagon Devices, Inc., AquaLab Series 3TE, USA), previamente calibrado. La solubilidad en agua se determinó por medio de una adaptación del método de Serna et al. (2015). El porcentaje de solubilidad se calculó por diferencia de peso. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado en las diferentes muestras.

Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC)

La CRA y la CRAC se determinaron mediante una adaptación al método descrito por Hassan et al., (2011). Los resultados se obtuvieron por medio diferencia de pesos, y se expresaron en porcentaje de agua o aceite retenido. Cada muestra se midió por triplicado.

Color

Las muestras colocaron sobre vasos de precipitados de 25 mL, los cuales fueron llenados hasta su máxima capacidad, posteriormente se midieron con un colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas, Inc, CR-400, Japón), y por medio del software SpectraQC (Konica Minolta Sensing Americas, Inc, CyberChrome, Inc versión 1996-2001, Japón) se obtuvieron los valores de las coordenadas cilíndricas CIE-L*a*b*. Donde L* es la diferencia entre la luz (L*=100) y la oscuridad (L*=0); a* es la coordenada cromática; y b* es el ángulo de tono expresado en grados. Se realizaron diez mediciones a cada muestra.

Capacidad antioxidante y compuestos polifenólicos

La capacidad antioxidante de los polvos se determinó por medio de dos métodos: TEAC-DPPH, se realizó utilizando DPPH como radical libre (Brand et al., 1995; Fukumoto y Mazza, 2000), y TEAC-ABTS, se realizó utilizando ABTS como radical catiónico libre (Re et al., 1999). El contenido de compuesto fenólicos se realizó mediante una adaptación al micrométodo en placa del método espectrofotométrico descrito por Singleton et al. (1999)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Codex Alimentarius (CAC/GL-21(1997), así como la clasificación y planes de muestreo de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF), establecen para productos deshidratados (liofilizados, concentrados o mezclas) un límite máximo permitido de 10^4 UFC/g de muestra para mesófilos aerobios y 10^2 UFC/g de muestra para coliformes. En Tabla I, se pueden ver los resultados obtenidos del análisis microbiológico de los polvos producidos, los que pueden considerarse inocuos y aptos para consumo humano.

Tabla I. Calidad microbiológica de polvos de cáscaras de papaya

Muestra	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)	Calidad
AC1	1.0×10^2	3.7×10^3	<10	Apto
AC2	2.3×10^2	5.0×10^3	<10	Apto
LIO1	2.1×10^2	1.5×10^3	<10	Apto
LIO2	3.5×10^2	2.5×10^3	<10	Apto

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y del contenido de fibra dietética soluble e insoluble se pueden observar en la Tabla II. A partir de dichos resultados, se puede establecer que el tamaño de partícula de los polvos producidos a partir de cáscaras de papaya interfiere en sus propiedades. Ya que a mayor tamaño de partícula son menos ácidos y existe un mayor porcentaje de FDI, CRA y CRAC; no obstante se puede observar que el proceso de deshidratación también interfiere en estas propiedades ya que los polvos liofilizados presentan un menor contenido de FDI, pero presentan mayores porcentajes de CRA y CRAC, lo que se vincula con el proceso de deshidratación ya que la liofilización ayuda obtener productos con una mejor porosidad (Horszwald et al. 2013), lo que se refleja en su CRA y CRAC. Estos polvos además, presentan excelentes características de a_w , generando un producto con mayor estabilidad durante su vida de anaquel (Brown, 2015). Polvos con estas características, pueden funcionar óptimamente como agentes espesantes en la producción de alimentos que requieren hidratación, para evitar la sinéresis, mejorar el rendimiento, estabilizar las emulsiones y modificar la textura y la viscosidad (Elleuch *et al.*, 2011), así como en alimentos donde se requiera aumentar el contenido de fibra y disminuir el contenido de grasa, tal como los productos cárnicos (Selani, 2016). Mientras que los polvos con un tamaño de partícula <180 μm presentaron mayor contenido de FDS, porcentaje de solubilidad y acidez. Sin embargo, el proceso de deshidratación utilizado marco diferencias significativas, presentando mayor porcentaje de solubilidad y FDS los liofilizados, estos resultados coinciden con los reportados por Pratiwi et al., (2018). Polvos con estas características podrían usarse para aumentar la calidad nutritiva de los alimentos con mínimo impacto en el comportamiento reológico.

Tabla II. Propiedades fisicoquímicas y contenido de fibra dietética soluble e insoluble de los polvos

Muestra	pH	a_w	Solubilidad (%)	CRA (%)	CRAC (%)	FDI	FDS
Pa-AC-1	5.6 ^d	0.318 ^{ab}	46.86 ± 1.28^a	12.34 ± 0.76^b	1.85 ± 0.13^a	19.9 ± 0.3^c	1.78 ± 0.2^a
Pa-AC-2	5.3 ^c	0.378 ^b	59.29 ± 1.22^b	10.71 ± 0.37^a	1.74 ± 0.02^a	17.7 ± 0.9^b	2.12 ± 0.1^b
Pa-LIO-1	4.4 ^b	0.300 ^a	59.16 ± 1.79^b	14.42 ± 0.12^c	3.63 ± 0.12^c	17.6 ± 0.3^b	2.39 ± 0.1^{bc}
Pa-LIO-2	4.1 ^a	0.321 ^{ab}	64.18 ± 1.47^b	13.48 ± 0.46^{bc}	3.14 ± 0.29^b	13.3 ± 0.7^a	4.09 ± 0.1^d
AVONA	0.0001	0.0001	0.0017	0.0213	0.0001	0.0015	0.0002

El color que presentan los alimentos es uno de los atributos más importantes de calidad de los alimentos (Serpil & Servet, 2009). Los resultados obtenidos del análisis de color se pueden observar en la Tabla III, a partir de ellos se logro determinar que existen diferencias significativas en cuanto a la luminosidad del producto, siendo más translucidas las muestras que fueron liofilizadas. En cuanto al tono y el croma también se observaron diferencias significativas, ya que los polvos LIO con un tamaño de partícula <300 µm fueron los que presentaron un color anaranjado claro más translucido, mientras que los polvos AC, presentaron colores anaranjados más saturados. En este sentido usar tamaños de partícula pequeño en la producción de polvos alimentarios nos puede ayudar no solo a aportar nutrientes funcionales, sino que, también a dar un color homogéneo a las matrices, evitando el uso de colorantes sintéticos.

Tabla III. Coordenadas cilindricas de los polvos

Método	Tamaño de partícula	
	1) >300 µm	2) 250 a <180 µm
AC	L=47.99 ± 0.32 ^a h°=82.45 ± 0.04 ^c C*=48.65 ± 0.13 ^b	L*=54.55 ± 0.31 ^b h°=83.01 ± 0.04 ^d C*=52.25 ± 0.13 ^d
LIO	L*=64.80 ± 0.65 ^c h°=77.52 ± 0.04 ^a C*=43.13 ± 0.13 ^a	L*=69.33 ± 1.16 ^d h°=80.59 ± 0.04 ^b C*=48.92 ± 0.13 ^c

En la Tabla IV, se pueden observar los resultados obtenidos de la determinación de la capacidad antioxidante y del contenido de compuestos polifenolicos de los polvos de cáscaras de papaya

Tabla IV. Capacidad antioxidante y compuestos polifenolicos de los polvos de cáscaras de papaya

Muestra	DPPH (mg ETrolox/ 100 g BS)	ABTS (mg ETrolox/ 100 g BS)	Fenoles Solubles (mg EAG/100 g BS)
AC1	684.60 ± 0.06 ^a	45.30 ± 0.03 ^a	16.70 ± 0.32 ^a
AC2	686.40 ± 0.08 ^{ab}	45.30 ± 0.04 ^a	18.10 ± 0.14 ^a
LIO1	688.90 ± 0.08 ^b	46.20 ± 0.02 ^b	32.90 ± 0.32 ^b
LIO2	689.30 ± 0.07 ^b	47.00 ± 0.04 ^{ab}	40.70 ± 0.40 ^b
AVONA	0.0003	0.0089	0.0001

antioxidante y del contenido de compuestos polifenolicos. Se logro observar que existen diferencias significativas entre los polvos obtenidos, presentando mejor actividad antioxidante y contenido de compuestos folicos los polvos que fueron liofilizados.

CONCLUSIÓN

Se concluye como el mejor método de deshidratación la liofilización, sin embargo el tamaño de partícula no se puede limitar ya que ambos tamaños presentar características funcionales. Los polvos con un tamaño de partícula >300 µm pueden ser utilizados como espesantes y mejoradores del contenido de fibra, mientras que los polvos con tamaño de partícula 250 a <180 µm pueden utilizarse como sustitutos alimenticios para mejorarla calidad nutricional en la producción de nuevas matrices alimenticias.

BIBLIOGRAFÍA

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14a Ed. Washington DC
 AACC. 1984. Método (08-01.01). Approved Methods of Analysis. 11a Ed. Washington DC.
 Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28(1), 25-30.
 Brown, A. C. (2015). Understanding food principles and preparation (5th ed.). Stamford: Cengage Learning.
 Elleuch, M.; Bedigian, D.; Roiseux, O.; Besbes, S.; Blecker, C.; y Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem.*, 124, 411-421.
 Fukumoto, L.R., y Mazza, G. 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3597-3604.
 Giraldo G., Germán A. 2006. El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *Vitae*, 13 (2), 21-25.

- Giraldo, G., Talens, P., uChiralt A. 2004. Equilibrio osmótico del mango (*Mangifera indica*) en la deshidratación. *Vitae*; 11(2),18-8
- Hassan, F., Ismail, A., Hamid, A., Al, S. 2011. Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peels. *Food Chemistry*, 126 (1), 283–288.
- Horszwald, A., Julien, H., Andlauer, W. (2013) Characterization of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chem.*, 141, 2858-2863
- Ketnawa, S., Chaiwut, P., & Rawdkuen, S. 2012. Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 385–391.
- Koubala, B. B., Christiaens, S., Kansci, G., Van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. 2014. Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin. *Food Research International*, 55, 215–221.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. 2012. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135, 1520–1526.
- Pratiwi-Masli, M. A., Rasco, B. A. & Ganjya, G. M. (2018). Composition and Physicochemical Characterization of Fiber-Rich Food Processing Byproducts. *Journal of Food Science*, 0, 1-11.
- Saura-Calixto, F., Serrano, J., Goni, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry*. 101, 492-501.
- Secretaría de Salud. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.
- Secretaría de Salud. Método para la cuenta de microorganismos de bacterias aerobias en placa. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.
- Secretaría de Salud. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.
- Secretaría de Salud. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995
- Selani, M.M.; Shirado, G.A.N.; Margiotta, G.B.; Saldaña, E.; Spada, F.P.; Piedade, S.M.S.; y Canniatti-Brazaca, S.G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, 112, 69–76.
- Serna, L., Torres, C., y Ayala, A. 2015. Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *SciELO, Información tecnológica*, 26(2), 41-50
- Serpil, S.; y Gulum, S.S. (2009). Propiedades Físicas de los Alimentos. Acriba
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera SAGARPA (SIAP). 2018. Atlas agroalimentario 2016: 126-127 y 134-135.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299,152-178.