

Obtención de productos extruidos a base de maíz y frijol adicionadas con bagazo de flor de Jamaica

Y. Estrada Girón, R.V. Gómez Zambrano, A. Martín del Campo, Z.Y. Escalante García
Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara CUCEI, Guadalajara, Jalisco, 44430, México.
mara.estrada@academicos.udg.mx

RESUMEN: El desarrollo de nuevos productos con valor nutricional mejorado constituye un reto para las industrias alimentarias, que buscan tecnologías adecuadas y de bajo costo. La cocción por extrusión es una tecnología recomendable, ya ofrece la posibilidad de elaborar una amplia gama de productos. Por otro lado, el frijol y el maíz son alimentos básicos en la dieta de poblaciones de diversos países latinoamericanos. Estos productos agroindustriales son ricos en carbohidratos, fibra, minerales, y proteínas; mientras que, los extractos de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) tienen un alto contenido en compuestos antioxidantes, y la fracción orgánica residual, después de la extracción del jugo, es abundante en fibra dietética, lo que justifica su uso como ingrediente funcional. Por lo tanto, alimentos tipo botana o “snack” a base de mezclas de maíz y frijol enriquecidos con desechos de flor de jamaica como fuente de fibra podrían representar una alternativa de alimentos con valor nutricional mejorado. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) extruir mezclas a base de maíz y frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) enriquecido con fibra de jamaica, 2) caracterizar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los extruidos, y 3) evaluar la aceptabilidad sensorial del producto.

Palabras clave: Mezclas maíz-frijol, bagazo de flor de jamaica, extruidos.

ABSTRACT: The development of new products with improved nutritional value is a challenge for the food industries, which are looking for adequate and low-cost technologies. The extrusion cooking is a recommendable technology, since it offers the possibility of elaborating a wide range of food products. On the other hand, beans and corn are essential foods in the diet of populations in various Latin American countries. These agroindustrial products are rich in carbohydrates, fiber, minerals, and proteins; while the extracts of Roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa* L.) have a high content of antioxidant compounds, and the residual organic fraction, after extraction of the juice, is abundant in dietary fiber, which justifies its use as a functional ingredient. Therefore, snack foods based on corn and beans enriched with Roselle wastes as a source of fiber could represent an alternative for foods with improved nutritional value. The objectives of this work were: 1) to extrude mixtures based on corn and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) enriched with Roselle wastes, 2) to characterize the physicochemical and functional properties of the extrudates, and 3) to evaluate the sensory acceptability of the resulting product.

Keywords: Corn-Bean mixtures, roselle calyces' bagasse, extrusion.

Área: Alimentos funcionales

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos de alto valor nutricional constituye un desafío e para las industrias alimentarias, que buscan formular alimentos nutritivos utilizando tecnologías apropiadas para asegurar el bajo costo. Una de estas tecnologías es la cocción por extrusión, que en la actualidad se aplica principalmente en la elaboración de cereales para desayuno o alimentos tipo botana. Los productos alimenticios tipo botana se elaboran principalmente del maíz, pero como este cereal no aporta todos los nutrientes necesarios, se busca incrementar su calidad proteica combinándolo con otras fuentes de proteínas disponibles y de bajo costo, como las leguminosas. Tanto el maíz como el frijol son productos agroindustriales esenciales en la dieta diaria de diversos países Latinoamericanos, y aportan carbohidratos, fibra, minerales, y proteínas. Por otro lado, los extractos de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) tienen un alto contenido en compuestos antioxidantes, y la fracción orgánica residual, después de la extracción del jugo, es abundante en fibra dietética, pero es poco aprovechada. De acuerdo con Sáyago-Ayerdi *et al.*, (2010), la flor de jamaica, tiene un importante contenido de fibra dietética.

Durante la recolección y manejo del frijol se generan desechos durante la limpieza, pulido y conservación del grano. Esto representa una merma considerable para los productores ya que estos desechos son mitades, trozos y cáscaras que no pueden ser comercializados como grano. Estos desechos pueden aprovecharse de manera integral para obtener alimentos tipo “snack”, solo o combinados con otros componentes, para obtener productos atractivos en cuanto a su composición.

En este trabajo se utilizaron los residuos de pedacería de frijol, harina de maíz nixtamalizado y desechos orgánicos de flor de jamaica como fuente de fibra, para desarrollar productos tipo botana, mediante el proceso de extrusión, variando la temperatura en las zonas de cocimiento del extrusor y el contenido de humedad de las mezclas. Los extruidos se caracterizaron en sus propiedades fisicoquímicas (textura y color), y funcionales (índice de absorción de agua, absorción de aceite, e índice de solubilidad en agua); y finalmente, se evaluó la aceptación sensorial general del producto, usando dos métodos de cocción, deshidratado y frito.

Los resultados mostraron que el coeficiente efectivo de expansión fue mayor en las mezclas de maíz/frijol que en las mezclas adicionadas con fibra, debido a que esta compite por el agua con el almidón y con ello, limita la expansión. También se observó que a mayores temperaturas de salida, mayor fue el incremento en la textura, índice de absorción y solubilidad en agua, para todos los tratamientos. Por otro lado, el color de los extruidos se vio afectado por la adición de frijol y fibra, que le confirieron baja luminosidad. Para las pruebas sensoriales, los extruidos deshidratados tuvieron mayor preferencia que los fritos, y la adición de fibra aumentó el grado de aceptación del producto.

Por lo anterior, el aprovechamiento de residuos de frijol y flor de Jamaica podría ser una alternativa al manejo de residuos, para la creación de productos tipo botanas de mayor valor nutrimental y de gusto del consumidor, como lo demostraron las pruebas sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad negro Querétaro, donado por la empresa Verde Valle (Guadalajara, Jal. México), se trituro en un molino para obtener harinas. Los residuos de flor de jamaica variedad Colima, se obtuvieron después de la extracción del jugo, aplicando un proceso térmico, y se molieron. La harina de maíz nixtamalizado y el aceite de maíz se adquirieron en un supermercado local.

La extrusión se realizó en un equipo de manufactura local, con combinaciones de harinas de maíz/frijol en proporciones de 50/50% y 75/25% y maíz/frijol/fibra en 50/25/25%; acondicionadas al 25% de humedad. Las condiciones de temperatura (°C) en el extrusor fueron de 60/90/125, 60/85/110, y 60/100/135, en las zonas 1/2/3 del barril.

La humedad de la mezcla se determinó con el método 925.10 de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists). La densidad y el coeficiente de expansión se determinaron de acuerdo a los métodos reportados en otros trabajos (Pérez Navarrete *et al.*, 2007; Gujska y Khan, 1990). Los parámetros de color L*, a* y b* se midieron con colorímetro Hunterlab “tristimulus” (UltraScan XE). La textura se midió con un texturometro (TA-XT2 Texture Analyser). Las propiedades funcionales se determinaron siguiendo los métodos de Kadan *et al.* (2003) y Hevia *et al.*, (2002). La aceptabilidad de los extruidos se determinó mediante una prueba hedónica de 9 puntos que indica el grado de aceptación general del producto.

El análisis estadístico se realizó con el análisis de varianza ANOVA a un nivel de confianza del 95%, con el software StatGraphs Plus 4.0; las diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre medias se determinaron con la prueba LSD de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad de los extruidos varió en función de la combinación de los componentes de la mezcla. Las mezclas de maíz/frijol mostraron valores de densidad entre 0.01-0.02 g/cm³ para todas las condiciones de extrusión, en comparación con la mezcla adicionada con bagazo que tuvo valores significativamente ($p \leq 0.05$) mayores de 1.60-1.88 g/cm³, a temperaturas de 110 y 125 °C en la zona 3. Por otro lado, el incremento de temperaturas de las zonas 2 y 3 (100/135 °C) tendió a disminuir la densidad hasta en 0.02 g/cm³.

De acuerdo con Rocha-Guzmán (2006), la densidad permite identificar posibles cambios estructurales en el material y que influyen en la expansión, es decir, que la relación amilosa/amilopectina del almidón contenido en el material, regirá el empaque del gránulo a nivel ultra molecular.

Este criterio es congruente con las densidades obtenidas ya que las mezclas que contienen mayor proporción de frijol presentan densidades más elevadas, debido posiblemente a que la cantidad de amilosa presente es más alta con respecto a la del maíz. Por lo general, los cereales tienen excelentes

propiedades de expansión, y son los más adecuados para procesos de extrusión. Las mezclas extruidas con la mayor proporción de maíz (75/25% maíz/frijol) presentaron mayores coeficientes de expansión a las temperaturas de cocción más altas (Tabla I); por el contrario, la adición de bagazo afectó de forma significativa ($p \leq 0.05$) este parámetro, ya que los extruidos con fibra resultaron con valores más bajos (0.01) a todas las temperaturas de proceso. Esto concuerda con lo reportado por Chinnaswamy y Hanna (1991), quienes obtuvieron resultados similares en almidón extruido con fibra de celulosa, donde al aumentar el contenido de fibra, disminuía el coeficiente de expansión. Asimismo, Gujska y Khan (1990) encontraron que en extruidos de mezclas de almidón de fuentes como el frijol navy, frijol pinto, y garbanzo, el aumento en la temperatura de la zona de cocción fina, incrementaba el diámetro de expansión, como se observó en nuestro trabajo.

La adición de bagazo influyó notablemente en el color de los extruidos; los valores de L* (luminosidad) disminuyeron significativamente ($p \leq 0.05$) de 55.59-59.34 en mezclas de maíz/frijol, hasta en 30.34-48.11 en las de bagazo, lo que indica que el color se tornó más oscuro. La harina de maíz presenta valores de luminosidad entre 77-86 dependiendo de la variedad, por lo que, la adición de frijol o bagazo, que tienen tonalidades más oscuras, tiende a reducir la luminosidad de los extruidos. Además, el oscurecimiento se debe a que al aumentar las temperaturas en las zonas de extrusión se tiene una mayor pérdida de lisina (Fernández Gutiérrez, 2004). Al contrario, las coordenadas a* y b* que se encontraron en el plano positivo del espacio de color, incrementaron en los extruidos con bagazo.

TABLA I. Coeficiente efectivo de expansión en extruidos de maíz, frijol y bagazo de flor de jamaica.

Temperatura (°C)	Coeficiente efectivo de expansión
50/50% (maíz/frijol)	
60-85-110	0.03 ± 0.00 ^a
60- 90-125	0.05 ± 0.00 ^b
60-100-135	0.05 ± 0.00 ^b
75/25% (maíz/frijol)	
60-85-110	0.05 ± 0.00 ^b
60- 90-125	0.06 ± 0.00 ^c
60-100-135	0.06 ± 0.00 ^c
50/25/25% (maíz/frijol/bagazo)	
60-85-110	0.01 ± 0.00 ^d
60- 90-125	0.01 ± 0.00 ^d
60-100-135	0.01 ± 0.00 ^d

Con respecto a la textura, esta indica la resistencia del extruido a romperse, por lo que las condiciones de temperatura y humedad del proceso influyen en la dureza del producto (Martínez *et al.*, 1998). En la Tabla II se observa que a la temperatura más alta de extrusión (60-100-135°C) hubo un aumento significativo ($p \leq 0.05$) en los valores para todas las mezclas. Estos resultados son similares a los reportados por Jin y Hsieh (1994), quienes mencionan que, cuando mayor sea la temperatura y menor la humedad durante el proceso de extrusión, mayores serán las modificaciones que se tienen en este parámetro. Otras investigaciones señalan que a mayor absorción de aceite se tiene un menor coeficiente de ruptura, por lo tanto hay una mejor textura.

TABLA II. Textura de extrudidos de maíz, frijol y bagazo de flor de jamaica.

Temperatura (°C)	Textura (N/m ²)
50/50% (maíz/frijol)	
60-85-110	3110.0 ± 478.7 ^a
60-90-125	3677.0 ± 171.5 ^a
60-100-135	6229.0 ± 448.2 ^b
75/25% (maíz/frijol)	
60-85-110	3582.2 ± 421.1 ^a
60-90-125	3751.7 ± 145.3 ^{ac}
60-100-135	3911.5 ± 550.8 ^{ac}
50/25/25% (maíz/frijol/bagazo)	
60-85-110	1057.5 ± 704.4 ^d
60-90-135	5427.0 ± 498.6 ^{eb}
60-100-135	6456.0 ± 446.5 ^{cf}

TABLA III. Capacidad de absorción de aceite (CAA) de extrudidos de maíz, frijol y bagazo de flor de jamaica.

Temperatura (°C)	CAA
50/50% (maíz/frijol)	
60-85-110	0.19 ± 0.01 ^a
60-90-125	0.18 ± 0.00 ^a
60-100-135	0.16 ± 0.01 ^b
75/25% (maíz/frijol)	
60-85-110	0.018 ± 0.01 ^a
60-90-125	0.018 ± 0.01 ^a
60-100-135	0.017 ± 0.00 ^{ab}
50/25/25% (maíz/frijol/bagazo)	
60-85-110	0.20 ± 0.00 ^c
60-90-125	0.18 ± 0.01 ^a
60-100-135	0.19 ± 0.01 ^{ac}

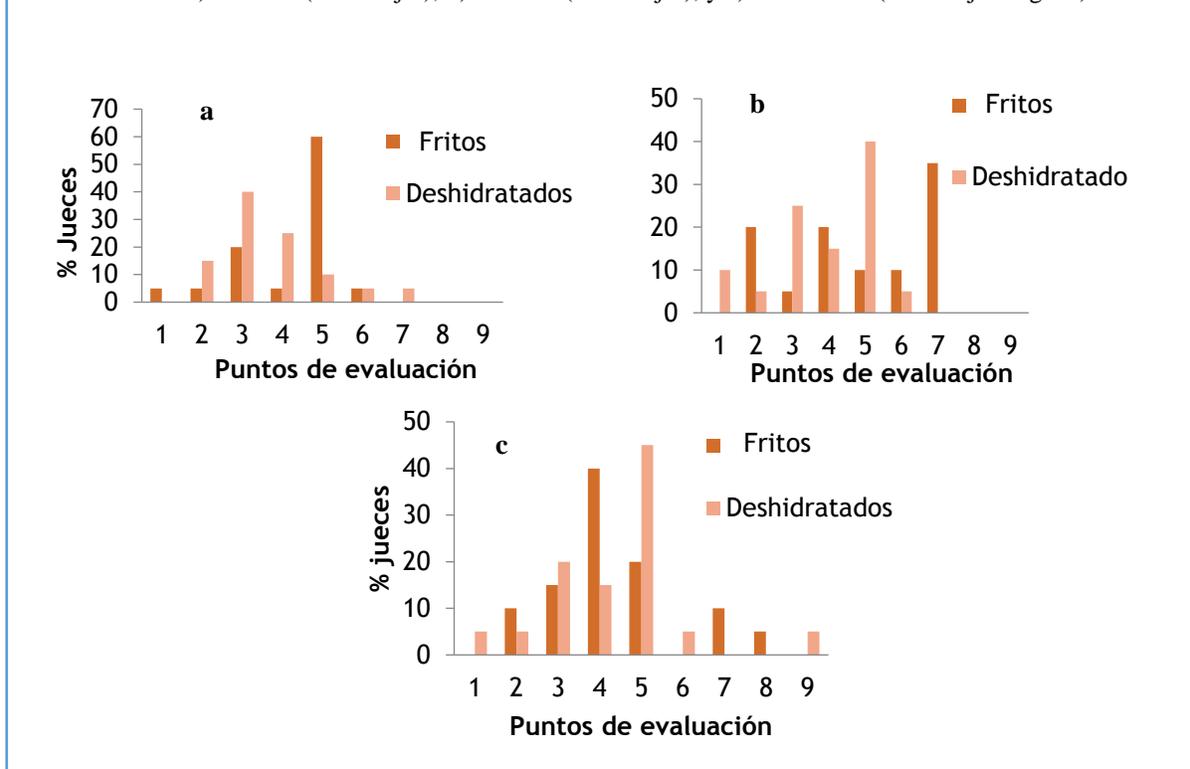
Relacionando los datos de las Tablas II y III, encontramos que para la misma combinación de temperatura (60-85-110°C) y mezcla (50/25/25% maíz/frijol/bagazo) se obtiene la mayor absorción de aceite con un valor de 0.20 ± 0.00 y la menor textura de 1057.50 ± 704.38 N/m². La zeína es la principal proteína del maíz, y durante la extrusión permite que la pasta se plastifique; sin embargo, debido a que la proteína del frijol es diferente a la zeína, el proceso de extrusión la desnaturaliza por acción del calor, lo que promueve que la textura del producto extruido se colapse completamente (Pérez-Navarrete *et al.*, 2007).

Los extrudidos presentan un ligero aumento en el índice de absorción en agua con el incremento de la temperatura de proceso para todas las mezclas (Tabla IV), mientras que a la combinación de temperaturas más bajas (60-85-110°C) se obtienen los índices de absorción más bajos. Entre mezclas de maíz los cambios no son significativos pero si para la mezcla adicionada con bagazo ($p \leq 0.05$). Estos resultados se pueden atribuir a las fuerzas asociativas como enlaces de hidrógeno y covalentes responsables del grado de asociación intermolecular de las muestras. La capacidad para adsorber agua está relacionada con la presencia de proteínas en los alimentos y otros factores como el tamaño de partícula, el contenido de almidón y presencia de fibra (Belén *et al.*, 2004).

TABLA IV. Índice de absorción de agua (IAA) de extrudidos de maíz, frijol y bagazo de flor de jamaica.

Temperatura (°C)	IAA
50/50% (maíz/frijol)	
60-85-110	0.26 ± 0.04 ^a
60-90-125	0.29 ± 0.02 ^a
60-100-135	0.30 ± 0.03 ^a
75/25% (maíz/frijol)	
60-85-110	0.25 ± 0.03 ^a
60-90-125	0.29 ± 0.02 ^a
60-100-135	0.30 ± 0.00 ^a
50/25/25% (maíz/frijol/bagazo)	
60-85-110	0.24 ± 0.00 ^b
60-90-125	0.25 ± 0.01 ^{ab}
60-100-135	0.27 ± 0.01 ^a

Figura 1 Porcentaje de jueces vs nivel de aceptación de extruidos elaborados a 60-100-135 °C, fritos y deshidratados: a) 50/50% (maíz/frijol), b) 75/25% (maíz/frijol), y c) 50/25/25% (maíz/frijol/bagazo).



Las pruebas sensoriales de aceptabilidad indicaron que un mayor porcentaje de jueces calificaron como “5 – me es indiferente” a los extruidos deshidratados con 75/25% maíz/frijol y 50/25/25% maíz/frijol/bagazo, y que estos últimos tienen una aceptación ligeramente mayor con 45% contra el 40% de los primeros. Además, a diferencia de los extruidos de maíz/ frijol, lo adicionados con bagazo de flor de jamaica obtuvieron calificaciones entre 3 y 4% para “me gusta mucho” y “me gusta muchísimo”, lo que indica que cierto sector de la población podría consumir alimentos tipo botana de estas características.

En conclusión, este trabajo se logró obtener un producto tipo snack a partir de la extrusión de mezclas de maíz/frijol y maíz/frijol/bagazo a diferentes temperaturas de extrusión, y se determinó que estas variables influyen en la densidad, el coeficiente de expansión, la textura del producto, el color y las propiedades funcionales de los extruidos. Asimismo, la aceptabilidad entre muestras con y sin bagazo de flor de jamaica fue similar.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis, 17th ed. Arlington, VA, USA.
- Chinnaswamy, R., & Hanna, M.A. (1991). Physicochemical and macromolecular properties of starch-cellulose fiber extrudates. *Food Structure*, 10, 229-239.
- Gujaska, 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.
- Hevia, H.F., Berti, D.M., Wilckens, E.R., & Yévenes, C. (2002). Contenido de proteínas y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus Spp*) cultivado en Chillán, Chile. *Agro Sur*, 30(1), 24-31.
- Jin, Z., Hsieh, F., & Huff, E.H. (1994). Extrusion cooking of corn meal with say fiber, salt and sugar. *Cereal Chemistry*, 71, 227-233.

- Kadan, R.S., Bryan, R.J., & Pepperman, A.B. (2003). Functional properties of extruded rice flours. *Journal of food science*, 68(5), 1669-1672.
- Martínez Bustos, F., Chan, Y.K., Bunnwart, A.C., Rodríguez, M.E., & González, P.A. (1998). Effects of calcium hydroxide and processing conditions on corn meal extrudates. *Cereal Chemistry*, 75, 796-801.
- Pérez-Navarrete, C., Betancur-Ancona, D., Casotto, M., Carmona, A., & Tovar, J. (2007). Efecto de la extrusión sobre la biodisponibilidad de proteína y almidón en mezclas de harinas de maíz y frijol lima. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(3), 278-286.
- Rocha Guzmán, N.E., Gallegos Infante, J.A., González Laredo, R.F., Castillo, A., Delgado Lincoln, E., & Ibarra Pérez, F. (2006). Functional properties of three common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars stored under accelerated conditions followed by extrusión. *LWT- Food Science and Technology*, 39(1), 6-10.
- Sáyago-Ayerdi, S. G., & Goñi, I. (2010). Hibiscus sabdariffa L: Fuente de fibra antioxidante. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 60(1), 79-84.