

## FORMULACIÓN DE UNA BOTANA POR EXTRUSIÓN CON MEZCLA DE HARINA DE PLÁTANO Y AMARANTO

Martínez Meza Y.<sup>a,b</sup>, Islas Hernández J.J.<sup>a</sup>, Gutierrez Meraz F.<sup>a</sup>, Osorio Díaz P.<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Desarrollo Tecnológico. Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, C.P. 62731, Apartado Postal 24 Yautepec, Morelos, México.

<sup>b</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, Colegio de Ingeniería en Alimentos. Av. San Claudio y 18 Sur, Ciudad Universitaria, C.P. 72570, Puebla, Puebla, México.\*posorio@ipn.mx

### RESUMEN:

La incidencia en las enfermedades relacionadas con la alimentación ha generado una tendencia al desarrollo de alimentos que ayuden a mejorar la salud. Las botanas son alimentos de consumo diario entre los niños, ya que son de fácil acceso para esta población. Sin embargo, no contribuyen a consumir una dieta saludable. El objetivo del trabajo fue analizar el efecto de las condiciones de proceso de extrusión y mezclas de harina de plátano (P) y harina de amaranto (A), sobre las propiedades físicas de una botana obtenida por extrusión. Se prepararon dos mezclas (75P/25A y 50P/50A), un extrusor de tornillo simple, con 3 condiciones de temperatura (zona de alimentación-amasado-cocción): 65-100-110, 65-110-120, 65-120-130; 60 rpm y humedad del 15 %. Los análisis realizados para calidad de la botana fueron: textura, grado de expansión y absorción de aceite. Las muestras seleccionadas como las más adecuadas fueron: mezclas M75P25A-2 y M50P50A-2, donde -2 representa las temperaturas del extrusor de 65-110-120. La muestra M50P50A-2 presentó un mayor nivel de proteína (10.20%). Las muestras se sometieron a una evaluación sensorial en niños de edad de 8-12 años, los resultados arrojan que son mejor aceptadas cuando poseen un sabor característico.

### ABSTRACT:

The impact on food-related diseases has generated a tendency to develop foods that help improve health. The snacks are daily food consumption among children, since they are easily accessible to this population. However, do not contribute to a healthy diet. The objective of this study was to analyze the effect of extrusion process conditions on the properties of mixtures of banana flour (P) and amaranth flour (A), which could serve as alternatives to prepare a snack sources. Two mixtures (75P/25A and 50P/ 50A) were prepared using a single screw extruder, with 3 temperatures (foraging-kneading-cooking): 65-100-110, 65-110-120, 65- 120-130; 60 rpm and 15% moisture. The analyzes were texture, degree of expansion and oil absorption. The samples selected were M75P25A-2 and M50P50A-2 mixtures, where -2 represent extruder temperatures 65-110-120. The M50P50A showed a higher protein level (10.20). The samples were subjected to sensory evaluation in children aged 8-12 years, the results show that they are better accepted when they have a hot flavor.

### Palabras clave:

Extrusión, plátano, amaranto, botanas.

### Keyword:

Extrusion, banana flour, amaranth flour, snacks.

**Área:** Desarrollo de nuevos productos.

### INTRODUCCIÓN

El interés en el desarrollo de nuevos productos con un valor nutricional que proporcione o ayude a un mejor estado de salud, es cada vez más preocupante, debido a que por medio de los alimentos se modulan varias funciones del cuerpo y sobre todo se previene el desarrollo de

enfermedades. Por lo tanto la creación de alimentos funcionales ha alcanzado razonables éxitos que coadyuvan a modificar la ideología del público consumidor.

El uso de extrusores en la industria alimentaria se deriva del hecho de que son capaces de mezclar diversos ingredientes en nuevas estructuras de los alimentos y por lo tanto puede ser útil en el desarrollo de alimentos funcionales. La calidad de los productos finales puede variar en función de algunas variables de los parámetros de extrusión, como la composición de materias primas, la humedad de alimentación, temperatura del cilindro, la velocidad del tornillo, el tipo de extrusionado y la configuración del tornillo (Brennan, et al., 2013).

La cocción por extrusión se suele aplicar en gran medida a la transformación de materiales con elevado contenido de proteínas o en almidón: harinas, sémolas, salvado, soja, surimi, caseínas, etc. De este modo han aparecido en el mercado de la alimentación nuevos productos: snacks aperitivos, cereales para el desayuno, galletas, arroz inflado, papillas infantiles, análogos o simulados de alimentos convencionales, mezclas ricas en fibra a base de cereales y almendras, bolas de cereales, etc., (Bello-Gutiérrez, 2000).

En el proceso de extrusión de alimentos el almidón es el componente que juega el papel más importante, ya que los cambios que sufre afectan la expansión y la textura final del producto extrudido. Durante la extrusión la gelatinización del almidón puede ocurrir uniformemente a niveles del 20 % de humedad. Sin embargo, también se ha indicado que a bajos contenidos de agua se acentúa la gelatinización por los altos esfuerzos de corte del tornillo debido a la generación de calor como por la ruptura mecánica de los gránulos. La proteína es el segundo componente principal, durante la extrusión, ya que no todas las proteínas se comportan de manera similar (Pérez-Navarrete, et al., 2006).

Las condiciones de temperatura, presión y fuerzas cortantes a que se somete un producto alimenticio durante el proceso de extrusión pueden producir los siguientes fenómenos en su composición química: a) modificación de la estructura nativa de las macromoléculas por gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas, b) formación de moléculas complejas como amilosa-lípidos, lípidos-proteínas y proteínas-proteínas, c) formación de enlaces cruzados intermoleculares, que da como resultado una estructura expandible y con cierta estabilidad y d) formación de almidón resistente (Pérez-Navarrete, et al., 2006).

Dado lo anterior, se seleccionó la harina de fuentes ricas en polímeros de alto valor biológico, tales como: harina de plátano (rica en carbohidratos, con importante contenido de fibra dietética) y harina de amaranto (cuyo contenido en proteína es mayor en comparación con otros cereales, y posee niveles aceptables de aminoácidos esenciales, en particular lisina, triptófano, y metionina).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Obtención y caracterización de la materia prima. Se utilizó plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) en estado inmaduro y semilla seca de amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*) para la obtención de las harinas.

Para obtener la harina de plátano verde, éste se sometió a un lavado, pelado y la pulpa se cortó en rodajas de 0.5 cm de grueso, se sumergieron en una solución de ácido cítrico (3 g/L) para evitar la oxidación, posteriormente las rodajas se sometieron a un secado, éstas fueron molidas y tamizadas en una malla del número 40 (0.420 mm). En el caso de la harina de amaranto, la semilla seca se molió y tamizó en una malla del número 40 (0.420 mm). La composición proximal se determinó de acuerdo a los métodos oficiales de la AACC (2000): humedad (método 44-16), cenizas (método 08-01), lípidos (método 30-25), proteínas (método 46-13) y los carbohidratos se calcularon por diferencia.

Preparación de las mezclas. Se prepararon las mezclas de harina de plátano (P)/harina de amaranto (A) con las siguientes proporciones: 75P/25A y 50P/50A utilizando una mezcladora Kitchen Aid (Modelo KPRA, St. Joseph, MI. USA).

Proceso de extrusión. Se utilizó un extrusor de tornillo simple (Beutelspacher SB, México, D. F.), el cilindro del extrusor consta de 3 zonas de calefacción; zona de alimentación-zona de amasado-zona final de cocción (Tabla I). La velocidad fue de 60 rpm, humedad del 15 %, el dado que se utilizó fue de abertura circular de 5 mm de diámetro.

Los pellets que se obtuvieron fueron cortados en 5 cm longitudinalmente y secados por 24 horas a 45 °C en un secador de charolas, posteriormente se sometieron a un freído a 175 °C.

Tabla I. Código de las muestras

Código	Mezclas (%)		Temperaturas en el extrusor (°C)		
	Harina de plátano	Harina de amaranto	Zona de alimentación	Zona de amasado	Zona cocción
M50P50A-1	50	50	65	100	110
M50P50A-2	50	50	65	110	120
M50P50A-3	50	50	65	120	130
M75P25A-1	75	25	65	100	110
M75P25A-2	75	25	65	110	120
M75P25A-3	75	25	65	120	130

Evaluación química y física de las botanas. Se evaluaron los extrudidos freídos. La composición proximal se determinó por los métodos oficiales de la AACC (2000), mismos que se mencionan en la caracterización de las harinas. El grado de expansión se determinó midiendo aleatoriamente el diámetro de 10 muestras y dividiendo la media aritmética de los valores entre el diámetro del dado (Martínez, et al., 2012). Para el análisis del grado de absorción de aceite, se realizó un balance de materia para obtener una relación del aceite absorbido por el producto después de freírlo. Determinándose la cantidad de agua perdida durante el proceso de freído por medio de una determinación de humedad (Arias-García, et al., 2007).

Aceite absorbido=Peso de la fritura (base seca)-peso del extrudido (base seca)

Para la textura se utilizó el texturómetro TA-TX2i (TextureTechnology Corp., Scarsdale, NY, US) el cual fue equipado con el accesorio 5-Blade CellKramer. Se obtuvo la fuerza máxima requerida para romper las muestras extrudidas, reportando dicha fuerza como dureza en N (Newton).

Evaluación sensorial. Se realizó una prueba de nivel de agrado con una escala hedónica facial mixta de cinco puntos. Se entrevistaron a 100 niños en un rango de edad de 8-12 años. Como

control se utilizó una botana comercial adquirida en una dulcería de la comunidad de Yautepec Morelos, se analizaron dos presentaciones de las botanas: con y sin adición de chile, para analizar el efecto de éste factor en la aceptación de este tipo de productos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal de las harinas. La Tabla II muestra la caracterización química de las harinas, las diferencias encontradas están relacionadas con la naturaleza misma de las materias primas, las condiciones de crecimiento son diferentes e incluso pueden variar entre especies, y el proceso de obtención.

Tabla II. Caracterización química de las harinas

Harinas	Humedad (g/100g)	Cenizas (g/100g)	Lípidos (g/100g)	*Proteínas (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)
Plátano	5.36±0.23 <sup>a</sup>	2.84±0.05 <sup>a</sup>	0.73±0.12 <sup>a</sup>	3.05±0.01 <sup>a</sup>	86.77±0.22 <sup>a</sup>
Amaranto	10.48±0.16 <sup>b</sup>	4.21±0.03 <sup>b</sup>	7.91±0.35 <sup>b</sup>	17.62±0.11 <sup>b</sup>	56.57±0.26 <sup>b</sup>

Los valores representan la media de tres repeticiones ± desviación estándar, en base seca, \*N=6.25. Letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencias significativas (p<0.05).

Análisis proximal y parámetros de calidad de las botanas. En la Tabla III se puede observar en cuanto la humedad, que en cada una de las mezclas utilizadas (M50P/50A, M75P/25A) el comportamiento es similar, la humedad de los productos extrudidos disminuye, tal efecto está relacionado con el factor de las temperaturas del extrusor, ya que la disminución de humedad se lleva a cabo cada que se aumentan las temperaturas del extrusor. En cuanto al contenido de cenizas la diferencia significativa está relacionada con la naturaleza de los componentes de las mezclas, como se puede observar la harina de amaranto tiene un mayor contenido de cenizas, por lo que la formulación M50P50A-1, la cual tiene mayor porción de esta harina (50%), es la que tiene valores más altos de contenido de cenizas, 3.17±0.15 (g/100g). La diferencias en cuanto contenido de lípidos se observó un aumento considerable, lo anterior pudo ser causado por el proceso de freído al que fueron sometidas las muestras y en las condiciones del proceso de extrusión, ya que a medida que las temperaturas se aumentaron, las muestras adquirirían una estructura más porosa, por ende el aumento en la retención de aceite en su estructura porosa. Por otro lado, en lo que a proteínas se refiere, el aporte proteico de las muestras M75P25A elaboradas a partir de la mezcla con 75% de P y 25 de A fue bajo en comparación a la otra mezcla, las diferencias significativas se deben principalmente a la composición de las materias primas utilizadas, ya que en la muestra M50P50A se incrementó la porción de A y sus valores van de 10.12±0.10 a 10.27±0.05 (g/100g). El factor de temperaturas del extrusor también tiene un efecto en las muestras, ya que a medida que se aumenta la temperatura, en cada una de las mezclas, los carbohidratos disminuyen, este comportamiento está relacionado a los enlaces que pudieron haberse formado durante la extrusión, almidón-lípidos o almidón-proteína.

Tabla III. Composición química de las botanas

Muestras	Humedad (g/100g)	Cenizas (g/100g)	Lípidos (g/100g)	*Proteínas (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)
M50P50A-1	3.39±0.49 <sup>a</sup>	3.17±0.15 <sup>a</sup>	8.85±0.23 <sup>e</sup>	10.12±0.10 <sup>a</sup>	74.38±0.32 <sup>a</sup>
M50P50A-2	3.34±0.27 <sup>a</sup>	3.04±0.25 <sup>ab</sup>	15.44±0.01 <sup>c</sup>	10.20±0.04 <sup>a</sup>	68.02±0.26 <sup>c</sup>

M50P50A-3	1.77±0.29 <sup>b</sup>	2.12±0.15 <sup>c</sup>	31.61±0.46 <sup>b</sup>	10.27±0.05 <sup>a</sup>	54.23±0.17 <sup>d</sup>
M75P25A-1	3.31±0.27 <sup>a</sup>	2.77±0.19 <sup>ab</sup>	12.20±0.64 <sup>d</sup>	6.65±0.04 <sup>b</sup>	75.17±0.80 <sup>a</sup>
M75P25A-2	3.16±0.20 <sup>a</sup>	2.71±0.19 <sup>b</sup>	15.77±0.89 <sup>c</sup>	6.69±0.08 <sup>b</sup>	71.75±0.67 <sup>b</sup>
M75P25A-3	1.54±0.09 <sup>b</sup>	1.76±0.07 <sup>c</sup>	38.41±0.80 <sup>a</sup>	6.72±0.07 <sup>b</sup>	51.52±0.69 <sup>e</sup>

Los valores representan la media aritmética ± desviación estándar, base seca.

Letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

En la Tabla IV se observan los resultados de los parámetros utilizados para la descripción de calidad de los extrudidos. En cada una de las mezclas utilizadas el efecto de las temperaturas del extrusor se ve reflejado, ya que en cada aumento de temperatura el extrudido disminuye la dureza, lo que se traduce a un extrudido más poroso, ya que se favorece la gelatinización del almidón y los extrudidos se vuelven más homogéneos. El aumento en la absorción de aceite puede estar relacionado con la textura, ya que al ser más compacta la estructura (valores mayores de fuerza máxima de fractura), los poros no permiten la retención del aceite quedando solo en la parte superficial del producto (menor porcentaje de absorción de aceite). Por ello las muestras con menor dureza, tienden a tener mayor presencia de poros, son las que presentan mayor absorción de aceite. De manera similar, las temperaturas de proceso también tienen un efecto en el grado de expansión, ya que a medida que aumentan, el grado de gelatinización también incrementa, traduciendo está gelatinización como la formación de una estructura más porosa.

Tabla IV. Parámetros de calidad de los extrudidos

Muestra	Textura (N)	Absorción de aceite (%)	Grado de expansión
M50P50A-1	233.28±3.72 <sup>a</sup>	10.18±1.00 <sup>c</sup>	1.53±0.03 <sup>c</sup>
M50P50A-2	170.51±3.63 <sup>c</sup>	21.33±2.04 <sup>b</sup>	1.97±0.07 <sup>a</sup>
M50P50A-3	146.33±6.00 <sup>d</sup>	44.68±3.41 <sup>a</sup>	1.15±0.06 <sup>d</sup>
M75P25A-1	225.22±3.87 <sup>b</sup>	13.78±2.55 <sup>c</sup>	1.68±0.08 <sup>b</sup>
M75P25A-2	173.80±5.65 <sup>c</sup>	25.93±3.70 <sup>b</sup>	1.91±0.08 <sup>a</sup>
M75P25A-3	125.02±5.34 <sup>e</sup>	48.31±2.75 <sup>a</sup>	1.11±0.03 <sup>d</sup>

Los valores representan la media aritmética ± desviación estándar, base seca.

Letras iguales en la misma columna indican que no existe diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

### Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se hizo en las muestras M50P50A-2 y M75P25A-2, las cuales cumplían con valores aceptables de absorción de aceite y una estructura crujiente. Como control se utilizó una botana comercial que se adquirió en una dulcería de la comunidad de Yautepec, Morelos. La evaluación, se realizó en dos días diferentes, para evaluar el efecto que tiene la adición de sabor a chile en la aceptación o rechazo de los productos. Dado que las botanas se caracterizan por ir acompañadas/adicionadas con chile o algún otro picante, la botana comercial también debía cumplir con estas características, es decir, una botana con “chile” y otra sin él. Para las botanas elaboradas en este trabajo se seleccionó un chile sabor “takís”, adquirido en la central de abastos de la comunidad de Cuautla, Morelos. Se le asignó una calificación a los 5 puntos de la escala hedónica para sacar una calificación promedio, donde: 1=2, 2=4, 3=6, 4=8 y 5=10.

De los resultados obtenidos se trazó una gráfica mostrada en la Figura 1, donde se puede observar una preferencia por los productos con la adición de chile. Éste comportamiento es más pronunciado en las muestras M50P50A-2 y M75P25A-2, ya que se observa un mejoramiento

en la calificación de 6.58 a 8.48 y de 6.74 a 8.12 respectivamente. Sin embargo, para la muestra comercial no se observa diferencia significativa cuando ésta tiene chile o no, ambas son bien aceptadas y calificadas por los jueces.

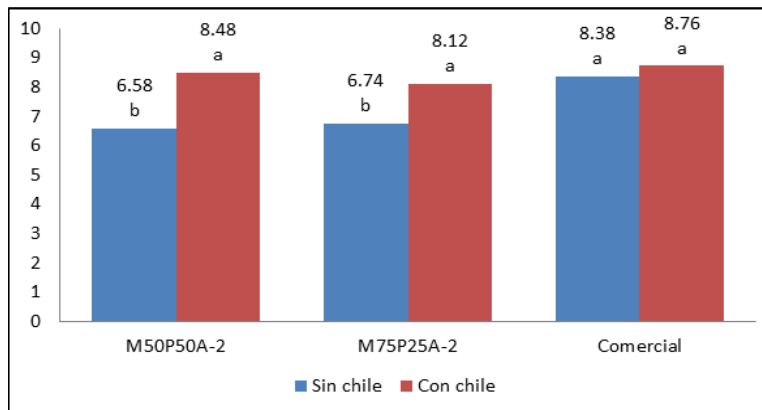


Figura 1. **Calificación de las botanas en la evaluación sensorial**  
La calificación es la media aritmética. Letras iguales indican que no existe diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

## CONCLUSIONES

La mezcla de harina de plátano y amaranto puede servir como una fuente alternativa para elaborar una botana por extrusión. Las variables más significativas observadas en el presente trabajo es la temperatura de extrusión y humedad, mejorando la textura del extrudido. Lo cual se refleja en grado de expansión e índice de absorción de aceite. El análisis sensorial mostró que es posible producir un aperitivo aceptable en niños, y su aceptación mejora cuando se añade un sabor característico.

## BIBLIOGRAFÍA

- AACC, 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. s.l.:St Paul, MN..
- Arias-García, R. M. E. y otros, 2007. Condiciones de operación de extrusores de tornillo simple para mezclas de harina de trigo. Parte 1: Pruebas de laboratorio. Tecnología, Ciencia, Educación, 22(002): 53-66.
- Bello-Gutiérrez, J., 2000. Ciencia bromatológica: Principios generales de los alimentos. 1 ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Brennan, M. A., Derbyshire, E., Tiwari, B. K. & Brennan, C. S., 2013. Ready to eat snack products: the role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. International Journal of Food Science and Technology, 48: 893-902.
- Martínez, G., Mackenzie, J. & Bermúdez, A. S., 2012. Determinación de parámetros para la elaboración de un expandido de maíz. Alimentos Hoy, 16-19.
- Pérez-Navarrete, C., Cruz-Estrada, R. H., Chel-Guerrero, L. & Betancur-Ancona, D., 2006. Physical characterization of extrudates prepared with blends of QPM maize (*Zea mays* L.) and lima beans flours (*Phaseolus lunatus* L.). Revista Mexicana de Ingeniería Química, 5: 145-155