



INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE BROCOLI (*Brassica oleracea* L.) EN LA TEXTURA Y ABSORCIÓN DE AGUA DE TOSTADAS DE MAÍZ AZUL (*Zea mays* L.)

Porras-Saavedra J.^a, Díaz-Pérez D. L.^a, Pérez-Pérez N. C.^a

^aInstituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Paseo del Agrarismo 2000. Carr. Mixquiahuala - Tula, km 2.5. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo. México. C.P. 42700. jporras@itsoeh.edu.mx

Recibido 08 de septiembre 2016; aceptado 19 de diciembre 2016

Palabras clave:

Alimento funcional, textura, microestructura

RESUMEN. La incorporación de brócoli (*Brassica oleracea* L) en la formulación estándar de una tostada horneada contribuye en la innovación de productos alimenticios funcionales. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue desarrollar y evaluar una botana horneada a partir de la masa de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y brócoli (*B. oleracea* L.). La adición de brócoli fue evaluada a través de un diseño experimental completamente al azar, donde la variable independiente fue la concentración de este vegetal (0 %, 25 %, 50 % y 75 %), y las variables dependientes la actividad de agua, textura, aceptabilidad del producto y absorción de agua; incluida a esta evaluación se analizó la morfología microestructural del producto. De tal manera que, la adición de 50 % de brócoli en tostadas horneadas, generó un alimento funcional con característica crujiente y altamente estable, por sus valores en contenido de agua de 2.22 % y actividad de agua de 0.35, respectivamente.

Key words:

Functional food, texture, microstructure

ABSTRACT. The incorporation of broccoli (*Brassica oleracea* L) into a baked snack standard formulation contributes in the functional food products innovation. Therefore, the aim of this research was to develop and evaluate a baked snack with maize (*Zea mays* L.) nixtamalized masa and broccoli (*B. oleracea* L.). The broccoli addition was evaluated through a completely randomized experimental design, in which the independent variable was concentration (0%, 25%, 50% and 75%), and the water activity, texture, product acceptability and water absorption were the dependent variables; also, the microstructural morphology in this product was observed. So that, the broccoli supplementation at 50 % into the baked snack, generated a functional food with crisp and highly stable feature, their values in water content and water activity, by 2.22 % and 0.35, respectively.

INTRODUCCIÓN

La palabra "snack" comúnmente se traduce del idioma inglés como "botana", se define como comida pequeña y ligera, fácil de manipular, tamaño pequeño, ya sea sólido o líquido y debe satisfacer la sensación de hambre por un momento ¹. En México y otros países, el consumo de botanas principalmente derivadas de maíz, como totopos o tostadas ha tenido un incremento significativo. Los totopos de maíz se obtienen friendo la masa directamente, mientras que los de tortilla cortada se somete al proceso de freído. Los totopos de tortilla absorben mucho más aceite (36 %) que los totopos de maíz (24 %) y por consiguiente el aporte calórico es elevado y se han considerado de bajo valor nutrimental ².

Debido a la alta demanda mundial de botanas, es notable proporcionar un alimento de este tipo con características nutricionales benéficas para la salud. Por consiguiente, la industria alimentaria busca desarrollar constantemente alimentos que forman parte de la dieta pero con la característica de incluir compuestos biológicamente activos, combinando la conveniencia y la nutrición. En este contexto, es conocido el brócoli (*Brassica oleracea* L) por la abundante concentración de sustancias promotoras de la salud, por ejemplo compuestos fenólicos, flavonoides y fibra soluble que reducen el riesgo de padecer enfermedades y son de gran utilidad en la elaboración de alimentos funcionales ³. El maíz





(*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importantes en la nutrición de grandes grupos poblacionales de América Latina, en particular de México y Centroamérica, muestra un elevado contenido de carbohidratos (73 %), mientras que el contenido de proteínas es significativamente menor (7 al 9 %) ¹.

En el desarrollo de un nuevo alimento o en la combinación de componentes, la textura de los alimentos se ve comprometida. En la mayoría de los alimentos los atributos de textura se perciben a través del proceso de la masticación y éstos dependen de la estructura ⁴. La textura es un atributo de calidad utilizado en la industria de los alimentos para evaluar la aceptabilidad y la calidad. Los factores constituyentes de la textura se evalúan por análisis descriptivos sensoriales o instrumentales ⁵.

El objetivo en esta investigación fue evaluar las propiedades físicas y de textura en una matriz alimenticia a base de la masa de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y brócoli (*Brassica oleracea* L.).

METODOLOGÍA

Materiales. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó como material biológico brócoli (*B. oleracea*) y maíz azul (*Zea mays*) adquiridos en el municipio de Mixquiahuala de Juárez Hidalgo, México.

Preparación de las tostadas horneadas. Para el desarrollo de las tostadas adicionadas con brócoli, se estableció un diseño experimental completamente al azar, de acuerdo a la Tabla 1. Siendo la variable independiente la concentración de brócoli y las variables dependientes la textura, actividad de agua, adsorción de agua, aceptabilidad del producto. Para la obtención de las tostadas, se mezcló la masa de maíz con brócoli, posteriormente se pre-hornearon a 60 °C y se deshidrataron en un horno-secador (GP-125 Biobase) a una temperatura de 160 °C durante 15 min. Posteriormente, se almacenaron a temperatura ambiente dentro de bolsas de polietileno.

Contenido de agua. El contenido de humedad fue determinado gravimétricamente siguiendo el método oficial AOAC ⁶.

Tabla 1. Adición de brócoli a tostadas a base de maíz.

Formulación	Brócoli adicionado en tostadas (%)
F0	0.0
F1	25.0
F2	50.0
F3	75.0

Perfil de textura. La prueba de quiebre de tres puntos corresponde a una prueba de flexión y es conocida también como puente de ruptura y consiste en evaluar la fuerza máxima necesaria para producir un quiebre total de la estructura del producto. El análisis se realizó en un texturómetro Brookfield (CT3) utilizando la geometría TA-TPB, con una carga inicial de 7 g, velocidad de 10.00 mm/s y 2 ciclos. La prueba instrumental de perfil de textura consistió en colocar la muestra de la tostada sobre la base que consta de dos partes fijas y una parte móvil por medio de la cual se simula la fuerza ejercida de la mandíbula humana y la fuerza que se aplica para realizar el quiebre de la muestra ⁷.

Adsorción de agua. La determinación de las curvas de adsorción consistió en colocar una muestra de la tostada en ambientes controlados con valores de actividad de agua bajos, intermedios y altos, para ello se prepararon soluciones saturadas de las siguientes sales: LiCl, NaCl, KCl, BaCl₂, NaBr, MgCl₂, Mg (NO₃)₂, K₂CO₃ y CH₃COOK y se almacenaron a una temperatura de 25 °C por un periodo de 15 días registrando el peso final ⁸.

Evaluación sensorial. Se realizó una prueba hedónica de 7 puntos para determinar la aceptabilidad del producto, a una panel de 50 personas. Donde: 1 = me disgusta extremadamente, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta ligeramente, 4 = ni me gusta ni me disgusta, 5 = me gusta un poco, 6 = me gusta mucho y 7 = me gusta extremadamente. Los parámetros evaluados fueron olor, color, sabor, textura ⁹.

Morfología. Para la evaluación de la morfología de las tostadas horneadas adicionadas con brócoli, se inmovilizó una pequeña muestra sobre cinta de carbono en un portamuestras y el exceso fue removido. El portamuestras se cubrió con oro usando una evaporadora (Danton Vacuum, Desk II) y se observó al microscopio





electrónico de barrido (ESEM FEI-QUANTA 200) operado a 8 kV¹⁰.

Análisis estadístico. El efecto entre tratamientos se realizó a través del análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias entre tratamientos con la prueba de Tukey-Kramer al 95 % de confianza, usando el paquete estadístico GraphPad Prism 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tostadas de maíz con brócoli horneadas son de forma circular con un diámetro promedio de 6 cm y 2 mm de espesor, presentan valores de actividad de agua en un intervalo de 0.26 a 0.40 y contenido de agua inferior a 4.89 % (Tabla 2). Debido a que su deshidratación fue a través del horneado y no por freído, presentan bajos valores de lípidos, por lo tanto al ubicar este alimento en el mapa de estabilidad, es posible considerarlo como altamente estable¹¹. Así mismo, a bajos valores de actividad de agua, las tostadas presentan un carácter crujiente y las moléculas de agua están fuertemente unidas a los componentes de las tortillas, es decir que la microestructura es susceptible a fracturarse¹¹.

Tabla 2. Actividad de agua de las tostadas adicionadas con brócoli

Formulación	Actividad de agua	Contenido de agua (% de agua/100 g de muestra)
F0	0.40 ^a ± 0.00	4.89 ^a ± 0.20
F1	0.36 ^b ± 0.00	2.31 ^b ± 0.10
F2	0.35 ^b ± 0.01	2.22 ^b ± 0.21
F3	0.26 ^c ± 0.01	1.71 ^c ± 0.08

Nota: Letras diferentes en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

La determinación de parámetros texturales en tostadas es particularmente difícil debido a su composición heterogénea y a su estructura poco uniforme, usualmente no fluyen frente a esfuerzos de presión pero dada las características de la tostada en conjunto con los componentes del brócoli, este alimento se caracteriza por ser crocante. Se observa que la incorporación de brócoli hasta en un 70 % no muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a las características de dureza en las tostadas sin este componente. Éste se relaciona con parámetros mecánicos, específicamente con la deformación, caso particular de la formulación con 50 % de brócoli que presenta un porcentaje de deformación del 3 % y su

fracturabilidad es mayor comparado con en el de las otras formulaciones (Figura 1).

Con respecto a la morfología de la superficie de las tostadas (Figura 2), se observa que la incorporación de brócoli favorece el rompimiento de los gránulos del almidón, creando una matriz continua y probablemente se encuentra relacionado con la textura.

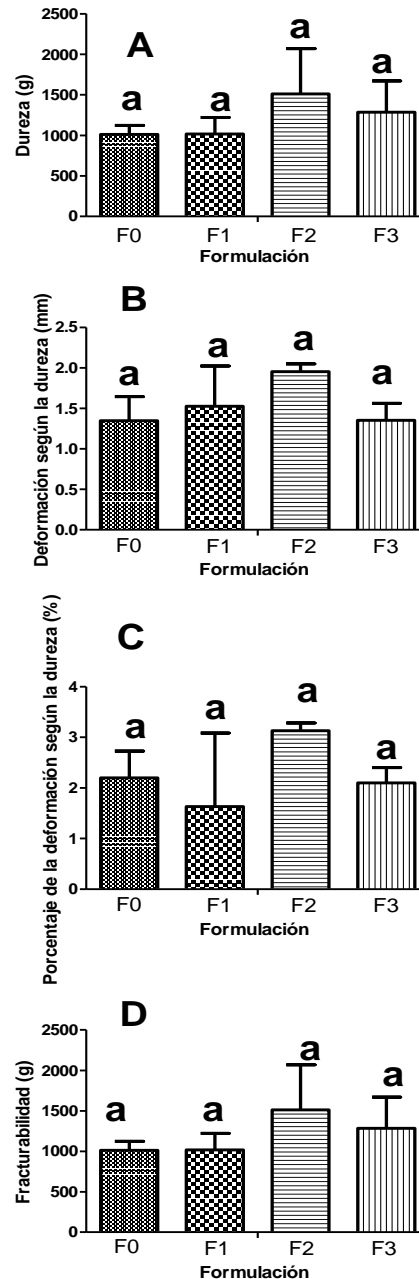
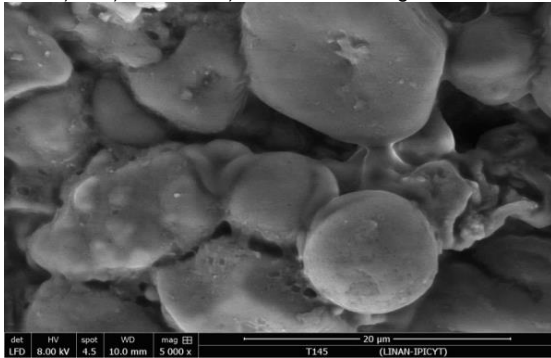




Figura 1. Propiedades de textura de las tostadas adicionadas con diferentes concentraciones de brócoli (P < 0.05). A) dureza, B) deformación según la dureza,



C) porcentaje de la deformación según la dureza y D) fracturabilidad.

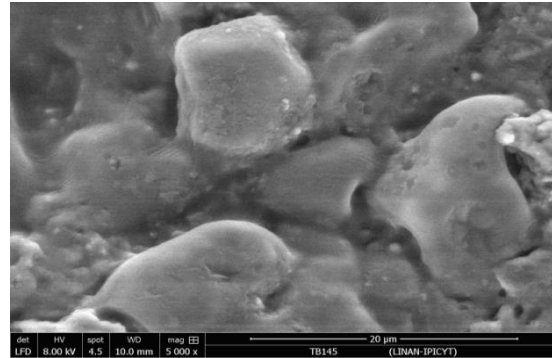


Figura 2. Microfotografías de tostadas adquiridas por microscopia electrónica de barrido a 5 000 X. Izquierda, gránulos de almidón de tostadas de maíz (*Zea mays*). Derecha, gránulos de tostadas de maíz con 50% de brócoli (*Brassica oleracea* L.).

De acuerdo a lo reportado por García-Armenta et al. ¹², la textura crujiente de la tostada contribuye a la aceptabilidad del producto. Esto se confirma en el orden de aceptabilidad del producto por su textura, basado en una escala hedónica de 7 puntos, en relación al contenido de brócoli: 50 % > 25 % > 75% (Figura 3).

carbohidratos. García-Armenta et al. ¹², indican que a estos valores de a_w las tostadas muestran pérdida de su crujencia y reducen su estabilidad.

En las tostadas es de gran importancia evaluar la adsorción de agua por su relación con la aceptabilidad. La adsorción de agua, tanto en el blanco (F1) como las tostadas adicionadas con brócoli se almacenaron a distintos valores de actividad de agua, observando que en a_w de 0.75 la adsorción varía entre 9 y 13 % (Tabla 3). Gutiérrez-López et al. ¹³, han reportado que el incremento en el contenido de humedad, modifica la estructura de los alimentos, debido a las características plastificantes del disolvente que contribuyen a la movilidad molecular de los

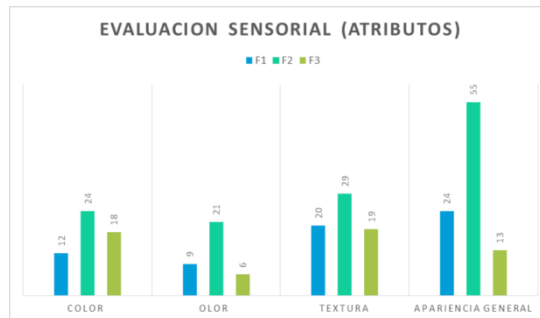


Figura 3. Evaluación sensorial de las tostadas

Tabla 3. Adsorción de agua en las tostadas almacenadas a 25 °C a distintos valores de actividad de agua

Actividad de agua	Absorción de agua (g de agua/g de muestra)			
	F0	F1	F2	F3
0.11	0.77 ± 0.15	0.85 ± 0.17	0.66 ± 0.04	0.93 ± 0.40
0.22	1.66 ± 0.09	1.79 ± 0.12	1.39 ± 0.08	1.71 ± 0.08
0.32	2.99 ± 0.14	2.31 ± 0.10	2.22 ± 0.21	2.80 ± 0.08
0.43	4.89 ± 0.20	4.87 ± 0.83	4.77 ± 0.29	4.84 ± 0.42
0.52	4.89 ± 0.00	3.90 ± 0.16	3.99 ± 0.58	3.69 ± 0.25
0.57	5.21 ± 0.31	6.01 ± 0.07	4.78 ± 0.00	6.25 ± 0.07
0.75	11.20 ± 0.44	10.76 ± 2.20	9.41 ± 0.0	13.00 ± 1.38
0.84	13.55 ± 0.00	12.59 ± 0.57	----	13.97 ± 0.71





0.90	15.02 ± 2.24	12.21 ± 0.42	12.42 ± 0.05	14.24 ± 0.79
------	--------------	--------------	--------------	--------------

Los valores representan la media de tres repeticiones



CONCLUSIONES

Las cualidades significativas que aporta el 50 % de brócoli en tostadas horneadas, crea una posibilidad para ofrecer un alimento funcional con característica crujiente y altamente estable, por sus valores en contenido de agua de 2.22 % y actividad de agua de 0.35.

AGRADECIMIENTOS RECONOCIMIENTOS

Y/O

Los autores agradecen a la M. en C. Ana Iris Peña Maldonado y al Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN), IPICYT, por facilitar el uso de sus instalaciones para obtener los resultados de microscopía electrónica de barrido.

REFERENCIAS

1. 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.
2. Paredes López, O., Guevara Lara, F., & Bello Pérez, L. A. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias*, 92(092).
3. Oniszczuk, A., & Olech, M. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction and LC-ESI-MS/MS analysis of phenolic acids from *Brassica oleracea* L. var. *sabellica*. *Industrial Crops and Products*, 83, 359-363.
4. Torres, J. D., González, K. J., & Acevedo, D. (2015). Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. *Rev Reciteia*, 14(2), 63-75.
5. AOAC. (2005). Official methods of analysis of AOAC Internacional (16th ed.). Gaythersburg, USA.
6. Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Biotechnología en el Sector agropecuario y agroindustrial*, 8(2), 46-56.
7. Jeantet, R., Croguennec Thomas, Schuck Pierre, Brulé Gerard (2006). Ciencia de los alimentos. Acribia. Zaragoza (España). pp 22.
8. Carpenter, R.P. 2000. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos (1ª ed.). Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.
9. Porras-Saavedra, J., Palacios-González, E., Lartundo-Rojas, L., Garibay-Febles, V., Yáñez-Fernández, J., Hernández-Sánchez, H., Gutiérrez-López G. F., & Alamilla-Beltrán, L. (2015). Microstructural properties and distribution of components in microparticles obtained by spray-drying. *Journal of Food Engineering*, 152, 105-112.
10. Rahman, M. S. (2010). Food stability determination by macro-micro region concept in the state diagram and by defining a critical temperature. *Journal of Food Engineering*, 99, 402-416.
11. Ahmed, Z. S., & Abozed, S. S. (2015). Functional and antioxidant properties of novel snack crackers incorporated with *Hibiscus sabdariffa* by-product. *Journal of advanced research*, 6(1), 79-87.
12. García-Armenta, E., Tellez-Medina, D. I., Sánchez-Segura, L., Alamilla-Beltrán, L., Hernández-Sánchez, H., & Gutiérrez-López, G. F. (2016). Multifractal breakage pattern of tortilla chips as related to moisture content. *Journal of Food Engineering*, 168, 96-104.
13. Gutiérrez-López, Gustavo F, Alamilla Beltrán Liliana, Pilar Buera María, Welti Chanes Jorge, Parada Arias Efrén, Barbosa Cánovas Gustavo V. (2015). *Water stress, Biological, Chemical, Pharmaceutical and Food Systems*. Springer, Washington State University, pp 631.