

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE UN ALIMENTO EXTRUIDO TIPO BOTANA.

Arely Margarita Gutiérrez Ramírez², Enrique Arriola Guevara², Gonzalo E. Jacques Fajardo¹, Norma Morales Hernández¹,
Rosa Isela Corona González², Guadalupe M. Guatemala Morales¹

¹ Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., Av. Normalistas # 800, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44270, México. guadisga@msn.com

² Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México.

Resumen

Se caracterizaron las harinas utilizadas para la elaboración de una botana extruida, con alto contenido proteico, formulada a base de harinas de maíz morado (HMM), harina de chícharo (HC) y salvado de avena (SA). Se analizaron los efectos de las condiciones de extrusión variando la temperatura (90-130°C) y la velocidad del husillo (90-130 rpm) para una mezcla de HMM/HC/SA (70/20/10) con un contenido de humedad del 16 al 18 %. Se obtuvieron las propiedades fisicoquímicas y tecno funcionales del alimento extruido [índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), dureza, fragilidad, índice de expansión (IE) y densidad aparente]. Los resultados mostraron las mejores condiciones para esta mezcla de materias primas: 140 rpm, humedad de 15.5% y temperatura de 76°C.

Palabras clave: extrusión, salvado de avena, maíz morado, caracterización de extruidos.

Introducción

El reto actual de las empresas de botanas, o “snacks”, es la reformulación de sus productos con el fin de que estos sean más nutritivos sin afectar su sabor. Uno de los procesos más comunes que permiten la obtención de dichos alimentos es el proceso de extrusión. El interés de este proceso en la industria alimentaria se debe a que es una forma de cocción rápida, continua y homogénea, que presenta amplias ventajas técnicas, de costos y calidad sobre otros procesos utilizados [1]. El proceso se lleva a cabo a alta temperatura y presión, por un corto período de tiempo, lo que es ventajoso para alimentos vulnerables a altas temperaturas, ya que se limitan los efectos no-deseados como lo es la pérdida de vitaminas [2].

El maíz es el cereal más utilizado para la extrusión debido a su bajo costo y a su alto contenido de almidón, lo que le proporciona la capacidad de expandirse. El maíz contiene una baja cantidad de proteínas por lo que se busca elevar su valor nutritivo adicionando harinas de fuentes no-convencionales, como son las leguminosas. La adecuada combinación de ambos ingredientes complementa sus perfiles de aminoácidos, dando lugar a una mezcla de mejor calidad proteica [3]. El chícharo, por ejemplo, es rico en proteínas y es una buena fuente de vitaminas, como riboflavina y niacina, además de contener compuestos fenólicos que se ha demostrado son benéficos para la salud [4, 5]. El salvado de avena, que es la cubierta que rodea al grano, es rico en proteínas y fibra [6]. El objetivo de este trabajo es caracterizar las materias primas [harina de maíz morado (HMM), harina de chícharo (HC), y salvado de avena (SA)], y estudiar el efecto de las condiciones de extrusión sobre las características fisicoquímicas y tecno funcionales de los alimentos extruidos, tipo botana, obtenidos.

Metodología

Materias primas

Se utilizó chícharo verde partido a la mitad (*Pisum sativum*), la harina de chícharo se obtuvo de un proceso de molienda en un molino de martillos (Weber Bros, malla No. 40) mientras que el salvado de avena y la harina de maíz morado se procesaron en un molino de discos (Maren® con 3 mm de separación). La Figura 1 muestra fotografías de las harinas obtenidas por estos procesos.



Figura 1. Harinas utilizadas

Para la caracterización de las harinas se midieron los parámetros siguientes:

- Análisis bromatológicos (humedad, proteínas, carbohidratos totales, cenizas, fibra);
- Tamaño de partícula: con un equipo Ro-Tap[®] vibratorio vertical con agitación por 30 min;
- Porcentaje de humedad: con un analizador de humedad AND A&D MX-50;
- Color de las harinas: con un colorímetro Mini Scan Hunter Lab[®] (por triplicado);
- Índice de absorción (IAA) e Índice de solubilidad (ISA) en agua siguiendo la metodología de Anderson [7] (por triplicado);
- Densidad aparente: con el método de desplazamiento de volumen (por duplicado).

Preparación de la mezcla

La preparación de la mezcla se realizó en una batidora KitchenAid Professional 600[®] a 347 rpm, con una aspa plana, durante 10 minutos; la formulación utilizada fue de 70 % HMM, 20 % HC y 10 % HS variando la humedad en un rango de 16 a 18%.

Extrusión

El proceso de extrusión se realizó en un extrusor marca Brabender[®] de mono husillo, con un dado de boquilla cilíndrica de 3mm de diámetro, variando la temperatura (90-130°C) y con velocidad del husillo (90-130 rpm). Después de obtener el producto extruido, este se secó hasta obtener una humedad del 5%. Para el análisis estadístico correspondiente se utilizó el programa Statgraphics Centurion[®], con un diseño 2³ con 2 puntos estrellas y 4 puntos centrales, para 19 corridas sin réplica.

Análisis de los extruidos

Los análisis fisicoquímicos realizados al producto extruido obtenido fueron:

- Índice de absorción (IAA) e Índice de solubilidad (ISA) en agua.
- Dureza: mediante un equipo TAXT plus[®] con una punta cilíndrica de 2mm de diámetro (10 pruebas).
- Fragilidad: siguiendo el método de Verónica et al., (2006) [8] (10 pruebas).
- Índice de expansión (IE): de acuerdo a Gujska y Khan (1990) [9] (por triplicado).
- Densidad aparente: con las dimensiones reales del producto.

Resultados

En la Figura 2, se muestra una fotografía de las botanas obtenidas por extrusión; asimismo, en la Tabla 1 se presentan los resultados de los análisis bromatológicos a las materias primas, así como su caracterización y la de los alimentos extruidos obtenidos. Se puede observar que la harina de chícharo contiene prácticamente el triple de proteínas, al compararse con la harina de maíz morado, y casi el doble al compararse con la harina de salvado de avena.



Figura 2. Botanas extruidas obtenidas

La mayor cantidad de fibra es aportada por la harina de salvado de avena, siendo la mayor cantidad de la fibra total y de fibra insoluble. El IAA está relacionado con el grado de cocimiento de las harinas; es así que con un mayor grado de gelatinización se obtienen una alta absorción de agua [10]. En las materias primas varía de 2.728 a 3.08 g gel/g muestra que concuerda con lo reportado por Flores-Farías et al., (2002) [11], los que reportan un rango de 2.1 a 3.7 g gel/g muestra para harinas comerciales en México; de igual forma Gudiño (2015) [12] reporta valores de 2.292 y 2.169 g gel/g muestra para harina de chícharo y harina de salvado respectivamente. El ISA está relacionado con la cantidad de almidón dañado en la harina, para harina de maíz morado este valor es de 11.42%; Mercado-Pedraza et al., (2013) [13] reportan valores de 8.16 a 11.42% que es comparable con los obtenidos. Para harina de chícharo, Gudiño (2015) [12] reporta un valor de 16.971% que es comparable al obtenido (17.11%). Finalmente, en el caso de la densidad aparente, FAO (2012) [14], reporta valores de 0.55 y 0.73 g/mL para harina de maíz morado y harina de chícharo respectivamente, y EUFIC (2009) [15], reporta un rango de 0.27 a 0.33 gr/mL para el salvado de avena. Todos los resultados obtenidos son comparables a los reportados.

Tabla 1. Resultados del análisis proximal y de los análisis fisicoquímicos.

	HMM (%peso)	HC (%peso)	HS (%Peso)	Botanas*
Humedad	12.13	8.34	9.07	16-18
Proteínas (NX6.38)	7.61	23.45	12.98	11.32
Cenizas	1.21	2.67	1.89	1.57
Grasas	4.25	1.15	6.21	3.83
Carbohidratos totales	74.8	64.39	69.85	64.98
Fibra Cruda	8.12	0.6	14.4	7.24
Fibra Soluble	0.88	<0.1	0.88	-
Fibra Insoluble	8.18	0.58	14.13	-
Fibra dietética total	9.06	0.58	15.01	-
Tamaño de partícula	0.2531	0.064	0.151	-
L(-)	50.94±0.02	42.94±0.07	47.6±0.03	-
a (-)	5.98±0.08	2.23±0.02	3.5±0.08	-
b (-)	3.99±0.03	18.55±0.04	15.6±0.02	-
ΔE	-	-	-	-
IAA (g gel/ g muestra)	3.02±0.08	2.89±0.28	2.728±0.044	3.703 - 5.73
ISA (%)	11.42±0.986	17.11±0.449	13.549±0.044	11.305 – 12.983
Densidad aparente	0.5±0.0004	0.715±0.0001	0.334±0.0001	0.071 – 0.193

* Obtenido por balance

Para los alimentos extruidos, el IAA varía entre 3.703 a 5.73 g gel /g muestra; Granito et al., (2004) [16], reportan un valor de 2.64-3.73 para el frijol cocido, que se puede comparar con el chícharo: ambos son leguminosas y los productos extruidos se encuentran cocidos. El ISA varió entre 11.305 a 12.983%; de acuerdo a lo reportado en la literatura, este puede variar entre 16 a 46 en extruidos con alto contenido de almidón, y de 11.8 a 35 en extruidos donde el contenido de almidón es bajo y el de proteína alto [9,17]. En la Tabla 2, se muestra un comparativo entre la dureza y la fragilidad de las botanas obtenidas con dos botanas presentes en el mercado. Los valores indican la imperiosa necesidad de reducir la dureza y la fragilidad de las botanas extruidas obtenidas.

Tabla 2. Resultados de la dureza y la fragilidad.

Producto	Dureza (kgf)	Fragilidad (kgf)
Obtenido en este trabajo	4.7 – 8.0	1.4 – 5.6
Botana 1 (mercado)	0.9696	0.0605
Botana 2 (mercado)	1.539	1.051

Para alimentos adicionados con leguminosas (frijol principalmente) se han encontrado valores de IE de 0.83 a 1.15 [18,19], que son menores a los reportados. Estas diferencias en el IE se pueden atribuir, en gran parte, a la gelatinización del almidón; sin embargo, la presencia de otros componentes como las proteínas, y las variables de proceso como la velocidad de husillo, también pueden afectar las características del extruido [20]. En la Figura 3 se presentan las superficies de respuesta obtenidas para las distintas variables.

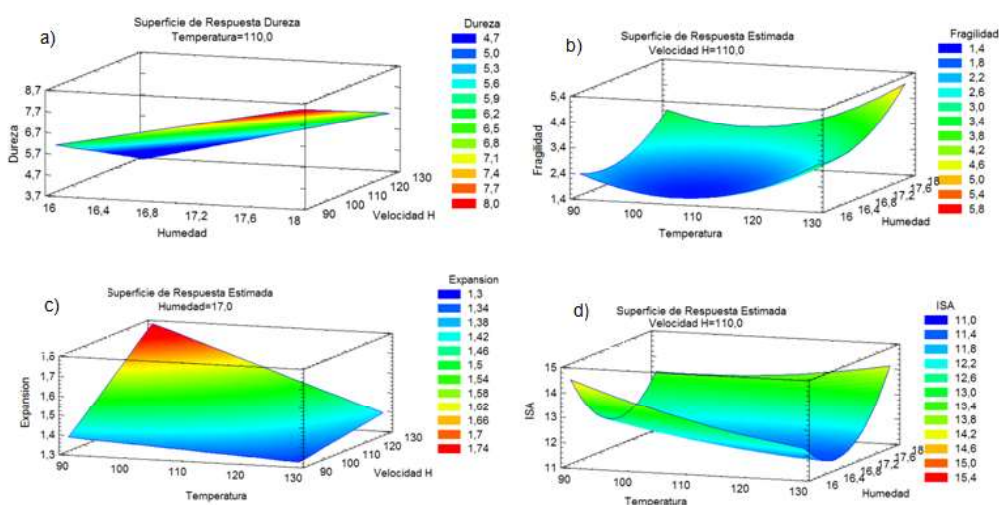


Figura 3. Superficie de respuesta para a) Dureza, b) Fragilidad, c) Expansión y d) ISA.

Es posible apreciar que al aumentar la humedad de la alimentación, aumenta ($p < 0.05$) la dureza y la fragilidad, teniendo efecto en el ISA. El incremento de temperatura tiene un efecto ($p < 0.05$) en el índice de expansión y fragilidad. Al disminuir la velocidad de husillo, disminuye ($p < 0.05$) la dureza, la fragilidad y el índice de expansión. Para el IAA y la densidad aparente, ninguno de los factores tuvo un efecto estadísticamente significativo ($p > 0.05$). Se optimizaron las respuestas, buscando reducir la dureza y la fragilidad e incrementar la expansión.

Conclusiones

Por las características presentadas de las materias primas, se puede apreciar que la harina de chícharo es una buena fuente de proteínas y por medio del proceso de extrusión se puede conseguir un alimento extruido -tipo botana- que tenga características similares a las botanas presentes en el mercado. Es posible concluir que la dureza y la fragilidad se ven afectadas significativamente por la humedad; mientras que el IE lo es por la velocidad de husillo y por la temperatura. Asimismo, el ISA es afectado significativamente por la temperatura y la humedad, mientras que la densidad aparente y el IAA no lo son por ninguno de los factores evaluados. Las mejores condiciones, para esta mezcla específica de materias primas, fueron una humedad del 15.5%, una temperatura de 77°C y una velocidad de 140 rpm.

Referencias

- [1] Limón-Valenzuela, A. 2005. "Características fisicoquímicas en alimentos botana producidos por extrusión." Universidad Autónoma de Sinaloa
- [2] Moscicki, L., Van Zuilichem, J. 2011. "Extrusion-Cooking and related technique". First Edition. WILEY-VCH.
- [3] Brennan, M., Derbyshire, E., Tiwari, B., Brennan, C., 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, 902 .
- [4] Khan, T.N., Meldrum, A., Croser, J.S., 2016. Pea: Overview. *Encyclopedia of Food Grains*, 2da. Edition, 324-333.
- [5] Posada, J., Pineda-Salinas, V., Agudelo-Ochoa, G. 2003. Los antioxidantes de los alimentos y su relación con las enfermedades crónicas. Recuperado el 30 de Abril 2016. http://chocolatecorona.com.co/docs/libro_antioxidantes.pdf.
- [6] Yeager S. 2001. The Doctor Book of Food Remedies. United States of America: Prevention.
- [7] Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer, and E. I. Griffin. Roll and Extrusion Cooking of Grain Sorghum Grits. *Cereal Science Today*, 14, 372-375, 1969.
- [8] Veronica, A. O.; Olusola, O. O.; Adebowale, E. A. 2006. Qualities of extruded puffed snacks from maize/soybean mixture. *Journal of Food Processing Engineering* 29, 149-161.
- [9] Gujska. E. y Khan K. (1991a). Feed moisture effects on functional properties, trypsin inhibitor and hemagglutinating activities of extruded bean high starch fractions. *Journal of Food Science* 56, 443-447.
- [10] Castillo, V. K. C., Ochoa, M. L. A., Figueroa, C. J. D., Delgado, L. E., Gallegos, I. J. A., & Morales, C. J. (2009). Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 59 (4), 425-432.
- [11] Flores-Farías, R., Martínez-Bustos, F., Salinas-Moreno, Y., & Ríos, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 36, 557-567.
- [12] Gudiño, D. 2015. "Estudio de los parámetros del proceso de freído y la combinación de los ingredientes utilizados (harina de chícharo entero, harina de maíz y salvado de avena) sobre las propiedades fisicoquímicas de un alimento tipo botana". Ingeniero Químico. Universidad de Guadalajara.
- [13] Mercado-Pedraza, E. B., Morales-Sánchez, E., Reyes-Vega, M., Gaytán-Martínez, M. & Ortega-Moody, J. A. (2013). Effects of a low-shear transport system on the physicochemical characteristics of nixtamal corn flour. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- [14] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO/ INFOODS Databases 2012.
- [15] European Food Information Council (EUFIC). LOESENICAL. 2009.
- [16] Granito, M., Guerrero, M., Torres, A. y Guinand, J. (2004). Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales del *Vigna Sinensis*. *Interciencia* 29 (9): 521-526.
- [17] Singh, O. y Singh, H. (2006). Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. *Carbohydrate Polymers* 64, 569-581.
- [18] Mjoun, K. y Rosentrater, K. A. (2011). Extruded aquafeeds containing distillers dried grains with solubles: effects on extrudate properties and processing behavior. *Journal of the Sc of Food and Agriculture* 91, 2865-2874.
- [19] Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I.I., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C.E., Delgado-Licon, E. y Vivar-Vera, M.A. (2011). Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *LWT-Food Science and Technology* 44, 673-680.
- [20] Bisharat, G.I., Oikonomopoulou, V.P., Panagiotou, N.M., Krokida, M.K. y Maroulis, Z.B. (2013). Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food Research International* 53, 1-14.