

Efecto de la velocidad de tornillo sobre propiedades físicas y fisicoquímicas de cereales para desayuno extrudidos adicionados con calabaza (*Cucurbitamoschata* D.) cv Cehualca deshidratada en polvo

M.F. Armenta-Cota, J.J. Zazueta-Morales, C.I. Delgado-Nieblas, X.A Ruiz-Armenta, I.L. Camacho-Hernández, E. Aguilar-Palazuelos, y N. Jacobo-Valenzuela

Posgrado en ciencia y tecnología de alimentos. Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Av. De las Américas s/n, Ciudad Universitaria. Culiacán Sinaloa. milton_armenta@hotmail.com

RESUMEN

Los cereales para desayuno (CPD) son producidos principalmente mediante el proceso de extrusión utilizando materias primas tales como los salvados de trigo y avena. Para mejorar su contenido nutricional, se ha sugerido la adición de materiales ricos en compuestos bioactivos, destacando algunas hortalizas como la calabaza (*Cucurbitamoschata* D.) cv Cehualca. Este vegetal es fuente importante de carotenoides, fibra dietaria y compuestos fenólicos, cuyo consumo se ha relacionado con beneficios potenciales a la salud. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la velocidad de tornillo sobre las propiedades físicas y fisicoquímicas de cereales para desayuno extrudidos adicionados con calabaza (*Cucurbitamoschata* D.) deshidratada. Para la producción de los CPD se utilizó una mezcla constituida por salvado de trigo, salvado de avena, extracto de malta y calabaza deshidratada. Al incrementar los niveles de velocidad de tornillo se incrementaron los valores de índice de expansión (IE), índice de solubilidad en agua (ISA) e índice de absorción de agua (IAA). Asimismo, en estas mismas condiciones se presentaron los mayores valores de los parámetros de color L^* y b^* . Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que es posible obtener CPD adicionados con calabaza con aceptables propiedades físicas y fisicoquímicas.

Palabras clave: Calabaza, cereales para desayuno, extrusión.

ABSTRACT: The breakfast cereals (BC) are produced mainly through the extrusion process using raw materials such as wheat bran and oat bran. To improve its nutritional content, it has been suggested the addition of materials rich in bioactive compounds, highlighting some vegetables such as winter squash (*Cucurbitamoschata* D.) cv Cehualca. This vegetable is an important source of carotenoids, dietary fiber and phenolic compounds, whose consumption has been linked to potential health benefits. The objective of the present work was to evaluate the effect of the screw speed on the physical and physicochemical properties of extruded breakfast cereals with the addition of dehydrated winter squash (*Cucurbitamoschata* D.). A mixture consisting of wheat bran, oat bran, malt extract and dehydrated winter squash was used for the production of the BC. By increasing the screw speed levels, the values of expansion index (EI), water solubility index (WSI) and water absorption index (WAI) increased. Also, under these same conditions, the highest values of the color parameters L^* and b^* were presented. The results obtained in the present work indicate that it is possible to obtain BC with the addition of dehydrated squash with acceptable physical and physicochemical properties.

Keywords: Winter squash, breakfast cereals, extrusion.

Área: Alimentos funcionales

INTRODUCCIÓN

El desayuno es una de las principales comidas del día y debería cubrir el 25% de las necesidades nutritivas, su omisión o la ingesta de un desayuno insuficiente, puede repercutir en las actividades físicas e intelectuales de los adolescentes como disminución de la atención y del rendimiento académico, especialmente en las primeras horas del día. Por tal motivo, en los últimos años, se han desarrollado cereales para desayuno, los cuales además de satisfacer las necesidades energéticas para el desayuno, pueden brindar los requerimientos diarios de vitaminas y minerales, ya que son fortificados y enriquecidos. Por otro lado, para su elaboración se pueden adicionar materias primas que aporten un

importante contenido de compuestos bioactivos, los cuales pueden generar potenciales beneficios en la salud del consumidor (Fernández *et al.*, 2008).

Una fuente importante de compuestos bioactivos es la calabaza de cáscara dura (*Cucurbitamoschata* D), que es una hortaliza altamente desperdiciada, utilizada mayormente para la elaboración de dulces en conserva. Esta hortaliza es considerada de bajo aporte calórico, esto debido a que el agua constituye el 90% de su peso y a que posee un bajo contenido de hidratos de carbono y un casi inapreciable contenido de grasa. Sin embargo, la calabaza presenta un importante contenido de fibra dietaria y β -caroteno (Durán *et al.*, 2000), por lo cual su utilización representa una alternativa para incrementar el potencial nutracéutico de los cereales para desayuno.

En adición al contenido de compuestos bioactivos, algunos parámetros de calidad evaluados en cereales para desayuno son índice de expansión, índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y color, los cuales pueden influir en la aceptabilidad de este tipo de productos por parte del consumidor. Estos parámetros pueden ser afectados por algunas variables utilizadas durante el proceso de extrusión, que es un sistema de cocción de alta temperatura en corto tiempo (HTST, por sus siglas en inglés), utilizado para reestructurar material alimenticio con contenido de almidón y proteínas y de esta forma elaborar diferentes tipos de alimentos texturizados. (Mújica y *col.*, 2006). Dentro de las variables que presentan mayor efecto se encuentran la velocidad de tornillo, temperatura, contenido de humedad y flujo de alimentación.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la velocidad de tornillo sobre las propiedades físicas y fisicoquímicas de cereales para desayuno extrudidos adicionados con calabaza (*Cucurbitamoschata* D.) deshidratada en polvo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de los cereales para desayuno (CPD), se utilizaron como materias primas salvado de trigo, salvado de avena, calabaza (*Cucurbitamoschata* D.) deshidratada en polvo y extracto de malta. El salvado de trigo se obtuvo de un mercado local, mientras que el salvado de avena se adquirió en la empresa "mothernature", ubicada Zapopán, Jalisco.), mientras que el extracto de malta se compró en la compañía "Complementos Alimenticios S.A. de C.V." (Ciudad de México, México). Asimismo, la calabaza Cehualca se obtuvo de un mercado de la localidad de Culiacán Sinaloa, México. Esta hortaliza fue deshidratada mediante un proceso de secado para obtener calabaza Cehualca (*Cucurbitamoschata* D.) deshidratada en polvo, de acuerdo al proceso tecnológico desarrollado por Delgado-Nieblas y *et al.*, (2017).

La calabaza deshidratada, así como los salvados de trigo y avena se molieron individualmente utilizando un molino (Pulvex modelo 200, Ciudad de México, México), para después ser tamizados obteniendo productos con tamaño de partícula $\leq 420 \mu\text{m}$. La concentración de estos materiales en las mezclas a procesar por extrusión para obtener los cereales para desayuno fue obtenida mediante un estudio preliminar. Las mezclas de harinas se ajustaron a un contenido de humedad de $28 \pm 1\%$ utilizando una batidora de laboratorio (KitchenAid, ModelK5SSWH, Michigan, USA) a mínima velocidad y se almacenaron en bolsas de polietileno a 8°C aproximadamente por 12 h. Posteriormente, las muestras fueron alimentadas a un extrusor de laboratorio de tornillo doble, marca Shandong Light, modelo LT32L, China, utilizando un alimentador cónico de flujo forzado. Se utilizó un tornillo con relación compresión 1:1, evaluando el efecto de las velocidades de 110 rpm, 160 rpm y 210 rpm a una temperatura de salida del extrusor de 100°C , utilizándose temperaturas en la zona de alimentación de 80°C , y mezclado de 110°C , así como un dado de salida con abertura de 2 mm. Una vez llevado a cabo el proceso de extrusión, los CPD fueron deshidratados a una temperatura de $52 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 h, para llevarlos a una humedad final de aproximadamente 5 %. Posteriormente, una parte de los cereales

fueron cortados en trozos de 5 cm y otra parte molidos utilizando un molino de café marca KRUPS, siendo tamizados en malla # 40 (420 μ m) para llevar a cabo los diferentes análisis.

Propiedades Físicas

Se determinó el Índice de expansión (IE) en los cereales para desayuno de acuerdo a la metodología propuesta por Gujska y Khan. (1990). Todas las medidas se realizaron por quintuplicado.

Propiedades Fisicoquímicas

Se determinaron los parámetros de color L^* y b^* utilizando un colorímetro Minolta CR-210, siendo las medidas realizadas por quintuplicado. Asimismo, se determinaron el Índice de Solubilidad en Agua (ISA) e Índice de absorción en agua (IAA) mediante la metodología descrita por la AACC (2010). Las mediciones se realizaron por triplicado.

RESULTADOS

En la **Figura 1** se muestra el efecto de la velocidad de tornillo (VT) sobre los valores de índice de expansión (IE) en los cereales para desayuno. Puede ser observado que los mayores valores de IE (>1.08) se presentaron a un nivel intermedio y alto de VT. Por otro lado, en las **Figuras 2 y 3**, respectivamente, se aprecia que al incrementar los niveles de VT, aumentaron los valores de índice de solubilidad en agua (ISA) ($>19.23\%$) e índice de absorción de agua (IAA) ($>6.0\text{g.a.a./g.s.s}$). Asimismo, un efecto similar es mostrado en las **Figuras 4 y 5**, en donde se presentó un aumento de los valores de $L^*(80.7)$ y $b^*(12.84)$, respectivamente, a niveles altos de VT.

DISCUSIÓN

El incremento en los valores de índice de expansión a altas velocidades de tornillo (VT) (**Figura 1**) podría deberse a una mayor modificación en la estructura de los polímeros constituyentes de las muestras, principalmente almidón. Esto permitió atrapar una mayor cantidad de agua en los materiales, por lo cual al salir el producto del extrusor, por diferencia de presiones, presentó un incremento en su expansión (Carvalho y col., 2002). Asimismo, los mayores valores de índice de solubilidad en agua (ISA) (**Figura 2**) a altos niveles de VT pudieran atribuirse a una depolimerización de los componentes de las materias primas, principalmente fibra dietaria y almidón, generando compuestos de bajo peso molecular con mayor solubilidad en agua (Larrea y y col., 2005). Por otro lado, el aumento de los valores de índice de absorción de agua (IAA) (**Figura 3**) a altos niveles de VT puede estar relacionado con la modificación de componentes de las materias primas (fibra, almidón) por el esfuerzo termomecánico dentro del extrusor, generando una mayor captación de agua, e incrementando los valores de IAA en los cereales para desayuno. Igualmente, el

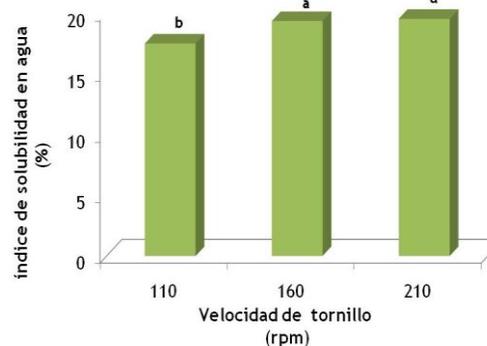


Figura 2. Efecto de la velocidad de tornillo sobre los valores de índice de solubilidad en agua (ISA) de los cereales para desayuno. Letras diferentes en cada barra indican diferencia estadística significativa (LSD, $p < 0.05$).

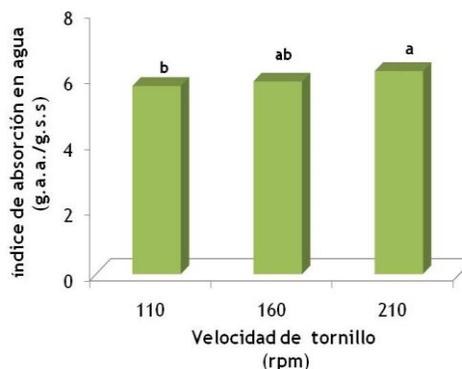


Figura 3. Efecto de la velocidad de tornillo sobre los valores de índice de absorción de agua (IAA) de los cereales para desayuno. Letras diferentes en cada barra indican diferencia estadística significativa (LSD, $p < 0.05$).

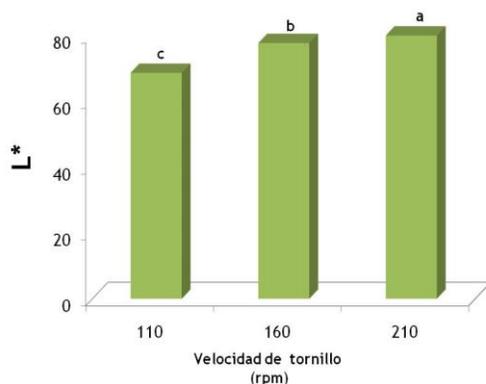


Figura 4. Efecto de la velocidad de tornillo sobre los valores del parámetro de color L* de los cereales para desayuno. Letras diferentes en cada barra indican diferencia estadística significativa (LSD, $p < 0.05$).

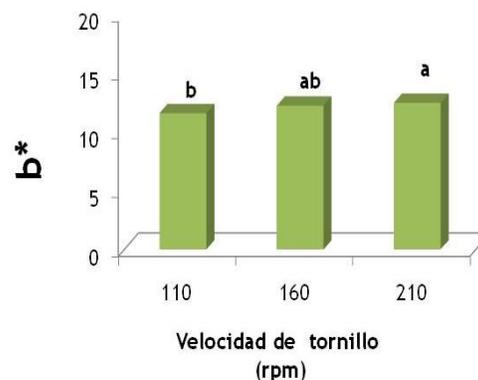


Figura 5. Efecto de la velocidad de tornillo sobre los valores del parámetro de color b* de los cereales para desayuno. Letras diferentes en cada barra indican diferencia estadística significativa (LSD, $p < 0.05$).

incremento en los valores del parámetro de color L* (**Figura 4**) a niveles altos de VT pudiera deberse a un menor tiempo de residencia del extrusor en estas condiciones, reduciendo reacciones de oscurecimiento no enzimático, tales como las reacciones de Maillard, lo que provocó una coloración menos oscura en los productos (Nayak y col., 2011). Asimismo, los altos valores del parámetro de color b* (**Figura 5**) a altas VT pudieran deberse a una mayor retención de compuestos carotenoides, principalmente aportados por la calabaza, debido a un menor tiempo de residencia de los materiales dentro del extrusor, reduciendo la degradación termomecánica (Guzman-Tello y *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que es posible obtener cereales para desayuno adicionados con calabaza deshidratada con aceptables propiedades físicas y fisicoquímicas, cuyo consumo podría tener potenciales beneficios en la salud del consumidor debido al alto contenido de compuestos bioactivos aportado por las materias primas utilizadas para su elaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. 2010. Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota.
- Carvalho, R. D., Ascheri, J. L. R., & Cal-Vidal, J. 2002. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, 26(5), 1006–1018.
- Durán, MG., & Moreno-Álvarez, MJ. 2000. Evaluación de algunas mezclas de solventes en la extracción de carotenoides del pericarpio del tamarillo (*Cyphomandra betacea* Sendt). *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 3(1): 34-38.
- Delgado-Nieblas, CI., Aguilar-Palazuelos, E., Gallegos-Infante, JA., Rocha-Guzmán, NE., Zazueta-Morales, JJ., & Caro-Corrales, JJ. 2012. Characterization and Optimization of Extrusion Cooking for the Manufacture of Third-Generation Snacks with Winter Squash (*Cucurbita moschata* D.) Flour. *Cereal Chemistry*, 89(1):65-72.
- Fernández IV., Aguilar, C., Mateos, V., & Martínez, P. 2008. Relación entre la calidad del desayuno y el rendimiento académico en adolescentes de Guadalajara (Castilla-La Mancha). *Nutrición Hospitalaria*, 23(4):383-87.
- 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* 55:566-469.

- Guzman-Tello, R., & Cheftel, J. C. 2007. Colour loss during extrusion cooking of β carotene-wheat flour mixes as an indicator of the intensity of thermal and oxidative processing. *International Journal of Food Science & Technology*, 25, 42(0)–434.
- Larrea, M. A., Chang, Y. K., & Martinez-Bustos, F. 2005. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 38(3), 213–220.
- Nayak, B., Berrios, J. D. J., Powers, J. R., & Tang, J. 2011. Effect of extrusion on the antioxidant capacity and color attributes of expanded extrudates prepared from purple potato and yellow pea flour mixes. *Journal of Food Science*, 76(6), C874–C883.