

## OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN CEREAL EXTRUDIDO ALTO EN FIBRA HECHO A BASE DE LINAZA Y AMARANTO

Tobias-Espinoza J. L.<sup>ab\*</sup>, Amaya-Guerra C. A.<sup>b</sup>, Quintero-Ramos A.<sup>a</sup>, Pérez-Carrillo E.<sup>c</sup>, Báez-González J. G.<sup>b</sup>, Núñez-González M. A.<sup>b</sup>, Martínez-Bustos F.<sup>d</sup>

**a** Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Investigación y Posgrado. Nuevo Campus Universitario, Circuito Universitario, C.P. 31125, Chihuahua, Chih., México.

**b** Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Investigación y Posgrado. Ciudad Universitaria, C.P. 66450, San Nicolás de los Garza, N. L., México.

**c** Centro de Biotecnología-FEMSA, Escuela de Biotecnología y Alimentos, Tecnológico de Monterrey, Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, C.P. 64849, Monterrey, N.L., México.

**d** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad-Querétaro. Libramiento Norponiente 2000, Fracc. Real de Juriquilla, C.P. 76230, Santiago de Querétaro, Qro., México. \*[jazletobias@gmail.com](mailto:jazletobias@gmail.com).

### RESUMEN:

El consumo de granos y cereales altos en fibra soluble mejora los niveles de glucosa en sangre. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue obtener un cereal extrudido alto en fibra hecho a base de linaza y amaranto con propiedades fisicoquímicas y sensoriales aceptables. Los ingredientes utilizados fueron: amaranto y linaza como ingredientes altos en fibra, almidón de maíz (grits) y aditivos; obteniendo seis mezclas diferentes que fueron procesadas en un extrusor de doble tornillo marca Bühler, a una velocidad de 272 rpm, 22% de humedad y una temperatura de 150 °C. Los cereales obtenidos fueron evaluados mediante diferentes pruebas fisicoquímicas y un análisis sensorial. El contenido de fibra soluble e insoluble fue afectado significativamente por los diferentes tratamientos ( $p < 0.05$ ), la mezcla 4 con mayor contenido de linaza obtuvo el mayor porcentaje de fibra soluble (1.9%). Las diferentes proporciones de ingredientes en los tratamientos afectó significativamente las propiedades fisicoquímicas ( $p < 0.05$ ). El tratamiento 5 (15%L, 40%A) fue el cereal mejor aceptado sensorialmente y al ser comparado con cereales extrudidos comerciales, no presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) para el grado de satisfacción en los atributos de textura y color con uno de los cereales comerciales.

### ABSTRACT:

Consumption of grains and cereals high in soluble fiber improves blood glucose levels. Therefore, this study objective was to obtain a extruded breakfast cereal, made by a mix of grains and cereals high on fiber (linseed and amaranth), with acceptable physicochemical and sensory properties. The ingredients used were: amaranth and flaxseed as high fiber ingredients, corn starch (grits) and additives; obtaining six different mixtures were processed in a twin screw extruder trademark Bühler, at screw speed of 272 rpm, at 22% of moisture and temperature of 150 °C. The extruded products obtained were evaluated by different physicochemical and sensory analysis. The content of soluble and insoluble fiber was significantly affected by the different treatments ( $p < 0.05$ ), mix 4 with higher content of flaxseed, contains the highest percentage of soluble fiber (1.9%). The different proportions of ingredients in the mixtures significantly affect the physicochemical properties ( $p < 0.05$ ). Treatment 5 (15% L, 40% A) was the best cereal accepted sensory and when compared with extruded cereal trade, did not present significant difference ( $p > 0.05$ ) for satisfaction on the attributes of texture and color to one commercial cereal.

### Palabras clave:

Cereales, fibra soluble, extrusión-cocción.

### Keyword:

Cereals, soluble fiber, extrusion-cooking.

**Área:** Desarrollo de nuevos productos.

## INTRODUCCIÓN

Los cambios en el estilo de vida, como el sedentarismo, el estrés y una mala alimentación, han provocado que en los últimos años se haya incrementado el padecimiento de enfermedades crónico-degenerativas en México, como la Diabetes mellitus (NOM-015-SSA2-2010). Uno de los aspectos más importantes para prevenir este tipo de padecimientos, es llevar a cabo una alimentación balanceada rica en fibra. Los alimentos altos en fibra dietética, sobre todo fibra soluble como algunos granos y cereales, provocan una absorción lenta de la glucosa en el intestino, y a su vez una reducción de los niveles de glucosa en sangre (Riaz, 2000). Por lo tanto el consumo y desarrollo de alimentos altos en fibra, derivará en beneficios para la salud, que nos permitirá prevenir y controlar enfermedades crónico-degenerativas como la Diabetes mellitus. Una alternativa para procesar los cereales y obtener productos de alto consumo es el proceso de extrusión-cocción, está es una técnica muy versátil ampliamente utilizada para el desarrollo de cereales para desayuno y alimentos instantáneos. Este proceso consiste en la alimentación de la mezcla previamente molida y acondicionada en un cañón que consta de un tornillo sin fin, donde los ingredientes son mezclados y el calentamiento ocasionado a su vez por fricción y entradas de vapor caliente logran la cocción del producto final, además de que se le pueden dar diversas formas al producto al salir por el dado el cual puede tener diversos moldes con figuras y tamaños diferentes (Harper, 1994). Durante el proceso de extrusión los materiales crudos sufren muchas transformaciones estructurales y químicas, como la gelatinización del almidón, la desnaturalización de proteínas, la formación de compuestos entre la amilosa y lípidos, y reacciones de degradación de vitaminas, pigmentos, etc. (Ding *et al.*, 2005). Por lo tanto, el objetivo de este estudio, fue obtener un cereal extrudido para desayuno alto en fibra, compuesto por una mezcla de granos y cereales altos en fibra (linaza y amaranto), con propiedades fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de las diferentes mezclas, se utilizaron como ingredientes principales amaranto y linaza a diferentes niveles: linaza, 10% y 15% y amaranto 30%, 40% y 50%, estos porcentajes se tomaran de un total de 4 kg, el resto de la mezcla se compuso de almidón de maíz (grits) y aditivos (sucralosa, cocoa y canela) hasta alcanzar 7kg.

### Proceso de extrusión

Para la obtención de los cereales, se utilizó un extrusor de doble tornillo marca Bühler, a una velocidad de 272 rpm, 22% de humedad y a una temperatura de 150 °C, enseguida fueron secados en un horno de convección marca Electrolux a 120 °C por 15 minutos.

### Análisis de los cereales extrudidos

**Análisis proximal.** Se determinó de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC, (1998).

**Índice de expansión.** Se calculó de acuerdo al método empleado por Altan *et al.*, (2008). Para esta determinación se midió el diámetro de los extrudidos de cada uno de los tratamientos.

**Índice de solubilidad (ISA) y absorción en agua (IAA).** Se determinaron de acuerdo al método descrito por Altan *et al.*, (2008). La muestra se suspende en agua (25 °C) en una relación 1:10, se agita, se centrifuga a 1000 × g por 15 min y el sobrenadante es decantado evaporado. El ISA es el peso de los sólidos secos en el sobrenadante. El IAA se calcula como el peso del sedimento obtenido después de la remoción del sobrenadante por peso de sólidos.

**Densidad.** Se determinó de acuerdo al método descrito por Jin *et al.*, (1994). El cereal molido y tamizado se colocó en una probeta graduada. El valor de la densidad se calculó como la relación entre la masa (g) y el volumen ocupado en el cilindro (mL).

**Textura.** Se determinaron las características de dureza y crujibilidad de acuerdo al método descrito por Ding *et al.* (2005), utilizando un analizador de textura TA-XT2 (Surrey, Reino Unido) equipado con un punzón de 2 mm, utilizando 10 extrudidos.

**Fibra dietética soluble e insoluble.** Se determinó de acuerdo al método 991.43, de la AOAC (1998).

**Viscosidad.** Se determinó de acuerdo al método descrito por Sánchez-Madrigal *et al.*, (2013), utilizando el equipo Rapid Visco Analyser, modelo RVA SUPER 4 (Newport Scientific, Sydney, Australia). Durante esta prueba se monitoreó automáticamente la viscosidad de la suspensión en centipoises (cp) y la temperatura (°C) graficándolas contra el tiempo (min) transcurrido en la prueba, obteniendo como resultado una curva de viscosidad.

**Análisis sensorial.** La evaluación sensorial de los cereales extrudidos se realizó mediante una prueba de grado de satisfacción por medio de una escala hedónica de cinco niveles, para los atributos de color, sabor y textura. También se evaluó el grado de preferencia mediante una prueba de ordenamiento (Anzaldúa, 1994).

#### **Diseño de experimentos y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de dos factores que serán linaza y amaranto a diferentes niveles: linaza (10%, 15%) y amaranto (30%, 40% y 50%), dando un total de seis tratamientos. Para el análisis de los datos, se realizó un análisis de varianza mediante un Modelo Lineal General y una comparación de diferencia de medias mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) y se utilizó el programa estadístico Minitab (2010).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la tabla I se muestra el análisis proximal de los diferentes cereales extrudidos, donde se puede observar que los extrudidos obtenidos tienen un contenido importante de proteína, grasa y fibra. Asimismo se presentó una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos para todas las determinaciones ( $p < 0.05$ ), lo cual se puede atribuir a las diferentes proporciones de ingredientes en cada uno de los tratamientos.

**Tabla I.** Análisis proximal de las mezclas extrudidas\*

Característica (%)	Mezcla 1 10% L, 30% A	Mezcla 2 10% L, 40% A	Mezcla 3 10% L, 50% A	Mezcla 4 15% L, 30% A	Mezcla 5 15% L, 40% A	Mezcla 6 15% L, 50% A
Humedad	3.0 ± 0.27 <sup>a</sup>	2.1 ± 0.14 <sup>bc</sup>	2.4 ± 0.45 <sup>ab</sup>	3.1 ± 0.56 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.14 <sup>c</sup>	2.8 ± 0.18 <sup>ab</sup>
Grasas	2.6 ± 0.07 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.27 <sup>b</sup>	2.6 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.09 <sup>b</sup>	2.4 ± 0.20 <sup>b</sup>	3.0 ± 0.12 <sup>a</sup>
Fibra	1.5 ± 0.12 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.12 <sup>ab</sup>	1.9 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.09 <sup>ab</sup>	1.7 ± 0.10 <sup>ab</sup>	1.9 ± 0.17 <sup>a</sup>
Cenizas	1.6 ± 0.05 <sup>c</sup>	1.7 ± 0.02 <sup>ab</sup>	1.8 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.05 <sup>c</sup>	1.6 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.7 ± 0.04 <sup>b</sup>
Proteínas	12.2 ± 0.22 <sup>ab</sup>	12.4 ± 0.22 <sup>a</sup>	12.0 ± 0.17 <sup>bc</sup>	12.3 ± 0.25 <sup>ab</sup>	11.7 ± 0.16 <sup>c</sup>	12.3 ± 0.14 <sup>ab</sup>

\*Media ± la desviación estándar, medias con letras diferentes representan diferencia significativa mediante la prueba de Tukey  $p < 0.05$ . A=amaranto, L=linaza.

La tabla II presenta las propiedades físicas de los diferentes cereales extrudidos y se puede observar que en cada una de las propiedades se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), esto se puede deber a los diferentes niveles de los ingredientes que se en las mezclas. En el caso del índice de expansión y absorción de agua, la mezcla 4 con mayor contenido de almidón presentó los valores más altos, debido a que una mayor cantidad de almidón gelatinizado facilita la expansión del producto final y la absorción de agua (Sriburi *et al.*, 2000), por otro lado la mezcla 3 con menos contenido de almidón y más porcentaje de ingredientes altos en fibra (amaranto y linaza) presentó los valores más bajos de estas determinaciones. En el caso de la determinación de viscosidad, los valores en cada uno de los tratamientos fueron bajos y se presentó una diferencia significativa entre ellos ( $p < 0.05$ ), el valor más alto lo presentó el extrudido con mayor contenido de almidón (mezcla 4), el cual al ser gelatinizado provoca una mayor viscosidad. Esto coincide con lo mencionado por Wang *et al.*, (1993), quienes estudiaron extrudidos de trigo entero y trigo integral, indicando que los extrudidos de trigo entero con mayor contenido de almidón, presentaron mayor viscosidad.

**Tabla II.** Propiedades físicas de los cereales extrudidos\*

Tratamiento	DA (g/mL)	IE	ISA	IAA	Viscosidad (cp)
Mezcla 1	0.51 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.11 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.46 ± 0.02 <sup>bc</sup>	2.9 ± 0.18 <sup>b</sup>	86.2 ± 3.5 <sup>b</sup>
Mezcla 2	0.49 ± 0.02 <sup>bc</sup>	3.1 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.5 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.11 <sup>c</sup>	75.3 ± 2.2 <sup>bc</sup>
Mezcla 3	0.47 ± 0.02 <sup>cd</sup>	3.06 ± 0.04 <sup>d</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>ab</sup>	2.5 ± 0.1 <sup>c</sup>	66.7 ± 2.4 <sup>c</sup>
Mezcla 4	0.49 ± 0.01 <sup>ab</sup>	3.33 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.4 ± 0.12 <sup>a</sup>	99.3 ± 3.9 <sup>a</sup>
Mezcla 5	0.47 ± 0.01 <sup>bcd</sup>	3.17 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.13 <sup>b</sup>	85.6 ± 6.8 <sup>b</sup>
Mezcla 6	0.47 ± 0.01 <sup>d</sup>	3.09 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.5 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.1 <sup>c</sup>	76.1 ± 4.6 <sup>bc</sup>

\*Media ± desviación estándar, valores con letras diferentes por columna representan diferencia significativa por mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). IE = Índice de expansión; ISA = Índice de solubilidad en agua; IAA = Índice de absorción de agua.

Para el análisis de textura (Tabla III) no se presentó diferencia significativa para la determinación de crujibilidad ( $p > 0.05$ ), lo cual se pudo presentar debido a que las condiciones de extrusión

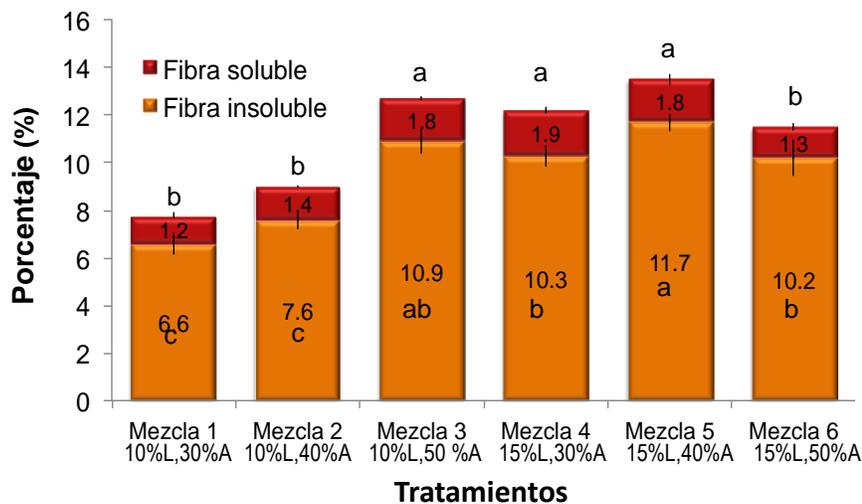
fueron las mismas para cada tratamiento. Sin embargo si se presentó diferencia significativa entre tratamientos para el análisis de dureza ( $p < 0.05$ ), siendo la mezcla 5 con mayor contenido de fibra dietética la que presentó mayor dureza, característica que dan este tipo de ingredientes a los productos alimentarios (El-Samahy *et al.*, 2007).

**Tabla III.** Análisis de textura de los cereales extrudidos\*

Tratamiento	Dureza (%)	Crujibilidad (N/mm)
Mezcla 1	5.0±0.22 <sup>ab</sup>	26.9±3.3 <sup>a</sup>
Mezcla 2	4.9±0.20 <sup>b</sup>	25.4±3.3 <sup>a</sup>
Mezcla 3	4.7±0.39 <sup>b</sup>	24.9±3.2 <sup>a</sup>
Mezcla 4	4.7±0.35 <sup>b</sup>	25.7±3.3 <sup>a</sup>
Mezcla 5	5.2±0.46 <sup>a</sup>	26.7±3.3 <sup>a</sup>
Mezcla 6	5.2±0.58 <sup>a</sup>	26.1±3.6 <sup>a</sup>

\*Media ± desviación estándar, valores con letras diferentes por columna representan diferencia significativa por mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

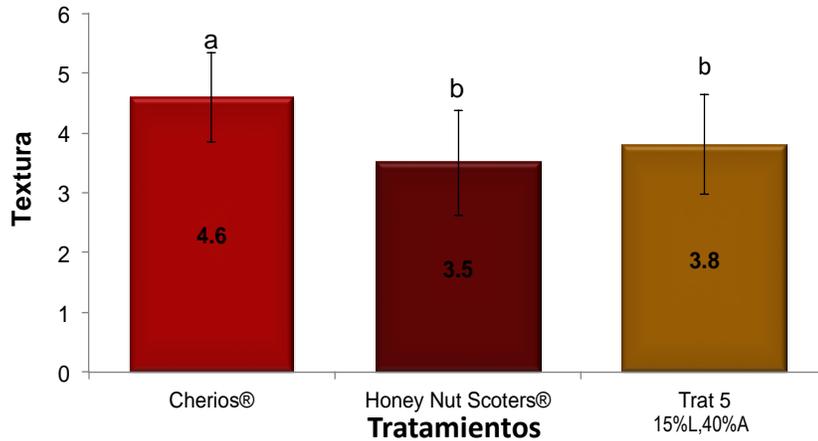
En la figura 1, se muestran los resultados de fibra insoluble y soluble, donde se puede observar que existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. El tratamiento que presentó un mayor porcentaje de fibra soluble fue la mezcla 4, la cual tiene un mayor porcentaje de linaza que es un ingrediente alto en fibra soluble en forma de mucílago (Dhingra *et al.*, 2012). La fibra soluble es un ingrediente funcional de gran importancia, ya que genera productos de alta viscosidad, provocando la gelificación del quimo, lo cuál actúa como una red que al capturar las moléculas de glucosa en su paso por el intestino, dificulta su absorción mejorando los niveles de glucosa en sangre (Wood, 2007).



**Figura 1.** Análisis de fibra dietética, insoluble y soluble por columnas para cada una de las mezclas (medias con letras diferentes representan diferencia significativa mediante la prueba de Tukey,  $p < 0.05$ ). L=Linaza, A=Amaranto.

Según la evaluación sensorial de los productos extrudidos la mezcla 5 fue la que obtuvo un mayor grado de preferencia, a su vez este tratamiento fue comparado cereales extrudidos

comerciales presentando el mismo grado de preferencia que uno de los cereales comerciales (Honey Nut Scooters ). En la figura 2 se puede observar que según el grado de satisfacción para el atributo de textura el tratamiento 5 no presentó diferencia significativa ( $p>0.05$ ) con el cereal comercial Honey Nut Scooters y lo mismo ocurrió con el atributo de color, lo que significa que tiene la misma aceptación que un cereal comercial en estos atributos.



**Figura 2.** Grado de satisfacción para el atributo de textura en los cereales extrudidos analizados (medias con letras diferentes representan diferencia significativa mediante la prueba de Tukey,  $p<0.05$ ).

## CONCLUSIONES

En general se ha observado que los diferentes niveles de los ingredientes (linaza y amaranto) y su interacción en las mezclas extrudidas tuvo un impacto significativo sobre sus características fisicoquímicas, sensoriales y sobre los porcentajes de fibra soluble e insoluble.

El desarrollo de este producto para consumo podría derivar en beneficios para la salud, sobre todo en personas con Diabetes mellitus que necesitan controlar sus niveles de glucosa; debido a su alto contenido de fibra soluble que tiene un efecto fisiológico asociado a la formación de geles viscosos en el intestino delgado que reducen la velocidad de absorción de glucosa, previniendo los picos de niveles altos de glucosa en sangre (Wood, 2007). Por lo tanto, se puede concluir que la adición de granos altos en fibra como lo son la linaza y el amaranto en cereales para desayuno procesados por extrusión-cocción da como resultado un producto con ingredientes funcionales como la fibra soluble y propiedades fisicoquímicas y sensoriales aceptables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altan A, McCarthy KL, Maskan M. 2008. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *Journal of Food Engineering* 84: 231-242.
- Anzaldúa AM. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y Práctica. Acribia: España, pp. 19-24, 45-63, 67-117.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemists. Maryland, USA.
- Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal Food Science Technology* 49(3): 255-266.

- Ding QB, Ainsworth P, Tucker G, Marson H. 2005. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 66: 283-289.
- El-Samahy SK, El-Hady A, Habiba RA, Moussa-Ayoub TE. 2007. Some functional, chemical, and sensory characteristics of cactus pear rice-based extrudates. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.* 9: 136-147 and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering* 66: 283–289.
- Harper JM. 1994. Experiencias con extrusión de soya: Potencial futuro, desarrollo, nutrición y mercadeo de productos. *Soya Noticias* 235: 5-10.
- Jin Z, Hsieh F, Huff HE. 1994. Extrusion cooking of corn meal with soy fiber, salt and sugar. *Cereal Chemistry* 71: 227-234.
- Minitab 16. 2010. *Statistical Software*, Minitab, Inc., State College, PA.
- Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, para la prevención, tratamiento y control de la diabetes.
- Riaz MN. 2000. Extrusores en las aplicaciones de alimentos. *Acibia: Zaragoza, España*, pp. 160-165.
- Sanchez-Madrigal MA, Melendez-Pizarro CO, Martínez-Bustos F, Ruiz-Gutierrez MG, Quintero-Ramos A, Marquez-Melendez R, Lardizabal-Gutierrez D, Campos-Venegas K. 2013. Structural, functional, thermal and rheological properties of nixtamalised and extruded blue maize (*Zea mays* L.) flour with different calcium sources. *International Journal of Food Science and Technology*. 1-9.
- Sriburi P, Hill SE. 2000. Extrusion of cassava starch with either variations in ascorbic acid concentration or pH. *International Journal of Food Science and Technology*: 141-154.