

## **Propiedades funcionales de botanas extrudidas elaboradas a partir de harinas compuestas por grits de maíz y harina de papa roja (*Oxalis tuberosa*).**

González Victoriano L.<sup>1</sup>, Guemes Vera N.<sup>1\*</sup>, Bernardino Nicanor A.<sup>2</sup>, Soto Simental S.<sup>1</sup>, Quintero Lira A.<sup>1</sup>,

Chel Guerrero L.A.<sup>3</sup>

1 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad km 1, Ex-Hacienda de Aquetzalpa, Rancho Universitario, C.P. 43600, Tulancingo, Hidalgo, México. [\\*njgv2002@yahoo.com.mx](mailto:njgv2002@yahoo.com.mx)

2 Instituto Tecnológico de Celaya. Departamento de Ingeniería Bioquímica. Antonio García Cubas Pte. No. 600, esquina Av. Tecnológico, Col. Alfredo V. Bonfil, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato, México.

3 Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Calle 60 491A, Centro, C.P. 97000. Mérida, Yucatan, México.

### **RESUMEN:**

El interés en el desarrollo de nuevos productos que proporcionen o ayuden 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. En este estudio se evaluaron las propiedades funcionales de botanas extrudidas elaboradas a partir de harinas compuestas por grits de maíz y harina de papa roja. Para ello, se determinó el contenido de fenoles totales, así como su efecto sobre la actividad antioxidante mediante la capacidad de eliminación de radicales libres (DPPH y ABTS). Los resultados obtenidos mostraron que harina de papa roja presentó mayor contenido de compuestos fenólicos, comparado al control. En cuanto a la actividad antioxidante se observó un comportamiento directamente proporcional a la concentración de harina de papa roja, ya que existió aumento de esta actividad en cada uno de los tratamientos con respecto al control con 9.71% de inhibición, mientras que botanas sustituidas con 50% de harina de papa roja presentaron 34.67% de inhibición. Al evaluar la actividad antioxidante por ABTS, se observó que harina de papa roja presentó mayor actividad antioxidante (49.0% de inhibición), en comparación con el control (16.05%). De los resultados obtenidos se concluye que al agregar harina de papa roja es posible desarrollar botanas con alta actividad antioxidante..

**Palabras clave:** Harina de papa roja, Botanas extrudidas, Fenoles, Actividad antioxidante, DPPH, ABTS

### **ABSTRACT:**

The interest in the development of new products that provide or help a better state of health, is increasingly worrying, because through food various body functions are modulated and above all the development of diseases is prevented. In this study we evaluated the functional properties of extruded snacks made from flours composed of corn grits and red potato flour. For this, the content of total phenols was determined, as well as its effect on the antioxidant activity through the capacity of elimination of free radicals (DPPH and ABTS). The results obtained showed that red potato flour had a higher content of phenolic compounds, compared to the control. Regarding the antioxidant activity, a behavior directly proportional to the concentration of red potato flour was observed, since there was an increase in this activity in each of the treatments with respect to the control with 9.71% inhibition, while snacks substituted with 50% red potato flour had 34.67% inhibition. When evaluating the antioxidant activity by ABTS, it was observed that red potato flour had greater antioxidant activity (49.0% inhibition), compared to the control (16.05%). From the results obtained it is concluded that when adding red potato flour it is possible to develop snacks with high antioxidant activity..

**Key words:** Red potato flour, Extruded snacks, Phenolics, Antioxidant capacity, DPPH, ABTS

**Área:** Desarrollo de nuevos productos

## **INTRODUCCIÓN**

Las botanas son alimentos populares, debido a su alta estabilidad y durabilidad. Asimismo, son una industria que abarca diversos mercados, y cubren muchas de las necesidades del consumidor por su precio accesible, amplio surtido en sabor y tamaño, alta disponibilidad en venta, etc. Sin embargo, las expectativas de los consumidores con respecto a los beneficios para la salud derivados de los alimentos que consumen han mostrado la búsqueda de productos innovadores en el mercado de las botanas. Por lo que, hoy en día se están rediseñando para aumentar su valor nutricional, adicionando micro y/o macronutrientes, componentes fitoquímicos, vitaminas y/o antioxidantes

(Lizárraga-Ramírez *et al.*, 2013; Peksa *et al.*, 2016; Kolniak-Ostek *et al.*, 2017). Estos productos se obtienen mediante diversos procesos; pero, en la actualidad la extrusión es uno de los procesos industriales más comunes para la manufactura de estos alimentos, debido a su facilidad de operación y capacidad de mezclar diversos ingredientes para producir una variedad de tamaños, formas y texturas (Chalermchaiwat *et al.*, 2015). La calidad del producto final puede variar en función de algunas variables de los parámetros de extrusión, como la composición de materias primas, humedad de alimentación, temperatura del cilindro, velocidad del tornillo, tipo de extrusor y configuración del tornillo (Brennan *et al.*, 2013).

Estos alimentos se elaboran principalmente de cereales, siendo el maíz uno de los más empleados, ya que es rico en carbohidratos no digeribles los cuales son reconocidos por sus beneficios en la salud como producir una mayor sensación de saciedad, la absorción de glucosa de manera gradual, disminución de colesterol y su capacidad de mejorar la microbiota intestinal (Fernandez-Ibarra *et al.*, 2018). No obstante, en los últimos años se han realizado diferentes estudios para evaluar el efecto de otros ingredientes alimentarios (diferentes frutas, verduras y almidones de fuentes no convencionales), para la elaboración de productos alimenticios que contienen compuestos de alto valor nutricional con características que promueven la salud (Morales *et al.*, 2015). Por lo que, el desarrollo de alimentos a partir de la mezcla de materias primas de almidón con otros productos, ha sido una alternativa para la obtención de alimentos con mejores características sensoriales, fisicoquímicas y funcionales (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2011).

Algunos estudios, se han centrado en la preparación de botanas a partir de mezclas de almidón de diferentes fuentes, tales como maíz y mandioca en combinación con otras materias primas (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2011). La papa roja (*Oxalis tuberosa*) es un tubérculo que se caracteriza por ser una buena fuente de antioxidantes naturales como ácidos fenólicos, flavonas y antocianinas, dichos compuestos contribuyen en las propiedades antioxidantes por lo que la papa roja podría considerarse como un alimento que brinda beneficios para la salud (Chirinos *et al.*, 2009). Por lo tanto, en esta investigación se evaluó la contribución de los compuestos fenólicos presentes en la papa roja sobre la actividad antioxidante de botanas extrudidas elaboradas a partir de la mezcla de harina de papa roja y grits de maíz en diferentes proporciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboraron botanas extrudidas a partir de harinas compuestas (Tabla I). Para la elaboración de harina de papa, los tubérculos se cortaron en rodajas de 2 a 3 mm y se deshidrataron en un horno de secado (Muebles Inoxidables Luckie SA, CDMX, México) a una temperatura de 55°C durante 6 h. Posteriormente, se trituraron y tamizaron para homogeneizar el tamaño de partícula (malla de 425 µm). Tanto grits de maíz como papa roja se adquirieron en la ciudad de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México (20°05'09"N y 98°21'48"O).

**Tabla I.** Formulación de harinas para la elaboración de botanas

Tratamiento	Formulación %	
	Harina de papa roja	Grits de maíz
Control	0	100
T1	10	90
T2	20	80
T3	30	70
T4	40	60
T5	50	50
HP	100	0

**Control:** Grits de maíz **T1:** Tratamiento 1 **T2:** Tratamiento 2 **T3:** Tratamiento 3 **T4:** Tratamiento 4 **T5:** Tratamiento

**HP:** Harina de papa.

Para la elaboración de botanas se utilizó un extrusor de doble tornillo (PRISM USALAB 16 Thermo, ELECTRON CORPORATION, Newington, NH, USA); el proceso de extrusión se realizó a una velocidad de tornillo de 130 rpm, con una velocidad de alimentación de 28 g/min.

### **Evaluación de propiedades funcionales de botanas**

#### **Contenido de fenoles totales**

Los extractos acuosos se obtuvieron pesando de 0.025 a 0.2 g de muestra seca. El contenido de fenoles totales se determinó por la técnica colorimétrica de Folin Ciocalteu. Brevemente, alícuotas de 1.58 ml de extracto, se oxidaron con el reactivo de Folin-Ciocalteu, después de 8 min la reacción se neutralizó con carbonato de sodio al 20%. La mezcla se incubó durante 15 min a 50°C. Posteriormente se leyó la absorbancia a 765 nm frente a un blanco. Los resultados se expresaron como mg de equivalentes de ácido gálico por 1 g de muestra seca (Ondo y Ryu, 2013).

#### **Actividad antioxidante**

La actividad antioxidante de los extractos acuosos se determinó en base al método de radicales libres (DPPH y ABTS). Los extractos para la técnica de DPPH se obtuvieron pesando diferentes concentraciones de muestra (0.1, 0.15 y 0.2 g); el extracto para ABTS se obtuvo a partir de 0.1 g de muestra. Para el ensayo de DPPH se mezclaron 0.5 mL de extracto con 1.95 mL de solución DPPH metanol (0.1 mM). A continuación, se trazó una cinética de reacción durante una hora, donde se determinó el porcentaje de inhibición a 517 nm. También se determinó EC<sub>50</sub> (concentración de muestra necesaria para inhibir el 50% de la concentración inicial de DPPH). Los resultados se expresaron en porcentaje de inhibición (Balestra *et al.*, 2011).

Una disolución acuosa de ABTS 7 mM se incubó en presencia de persulfato potásico 2.45 mM a temperatura ambiente en la oscuridad durante 16 h (Rotta *et al.* 2017). Una vez generado el radical, el ensayo se llevó a cabo diluyendo 50 µL de extracto con 1450 µL de ABTS, el cual se dejó reaccionar en ausencia de luz a temperatura ambiente, después de 30 min se midió la absorbancia a 732 nm. Los resultados de TEAC se expresaron como µmoles de Trolox por 1 g muestra seca (Oyeyinka *et al.* 2017).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La presencia de compuestos fenólicos naturales en alimentos y productos alimenticios es de gran importancia, ya que actúan como antioxidantes que ayudan a mejorar la vida de anaquel, así como la aceptación por parte del consumidor, debido a que no solo son responsables del color sino también de impartir sabor en los mismos (Morales *et al.*, 2015). En la Figura 1 se muestran los resultados del contenido de fenoles totales, y se observa que botanas elaboradas con harina de papa roja presentaron mayor contenido de estos compuestos (2.46±0.01 mg de ácido gálico/g de muestra seca) en comparación con el control. Resultados similares fueron encontrados por Chávez *et al.* (2017), en muestras adicionadas con harina de café, donde al incorporar hasta 20% de esta harina, obtuvieron productos con alto contenido fenólico (5.90±0.01 mg AG/g de muestra), con respecto al control (1.24±0.01 mg AG/g de muestra). Asimismo, informaron que los compuestos bioactivos podrían aumentar cuando el producto es sometido a un proceso de extrusión, lo cual generalmente se debe a la liberación de la matriz de la pared celular causada por el cizallamiento durante la extrusión, esto también dependerá del tipo de tejido vegetal.

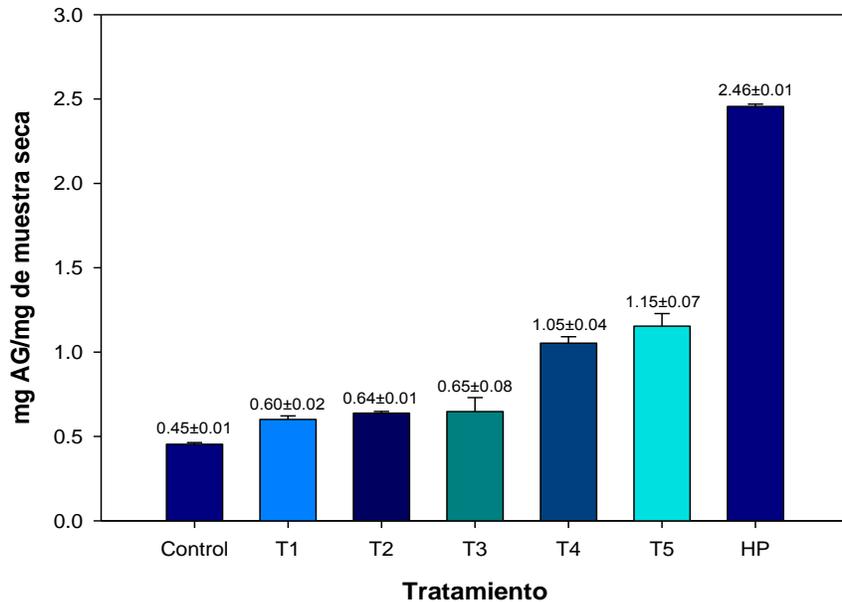
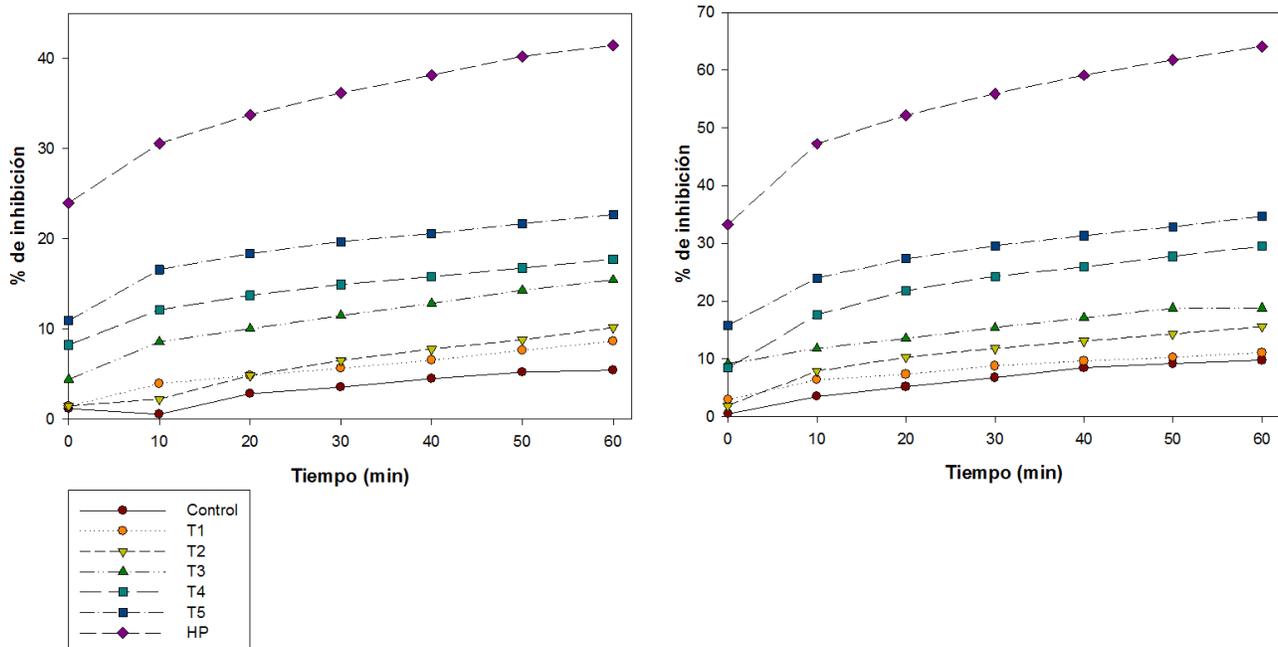


Figura 1. Contenido de fenoles totales en productos extrudidos

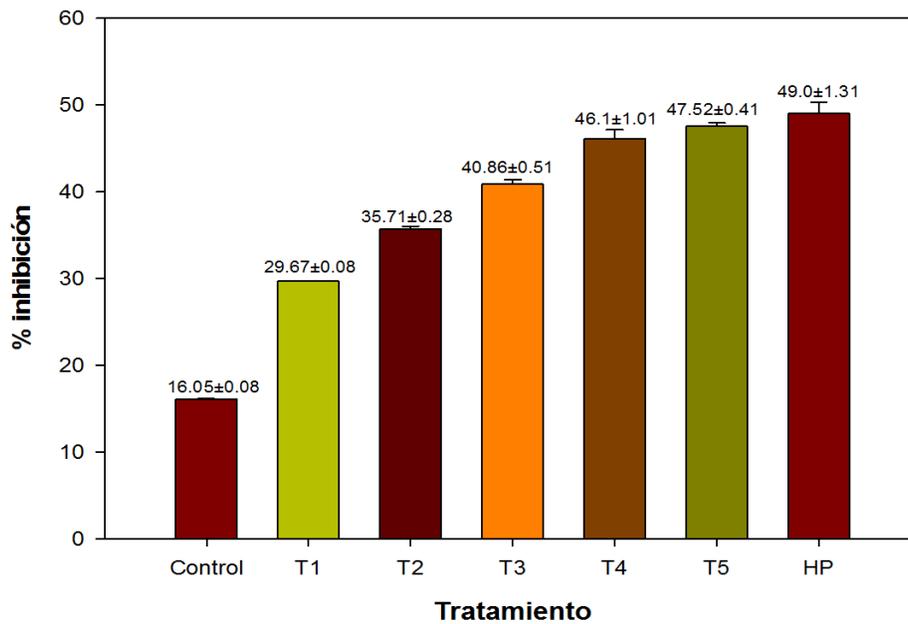
### Evaluación de la actividad antioxidante

El potencial antioxidante se determinó sobre la base de la actividad de barrido de radicales libres DPPH. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2; y se observa que la capacidad antioxidante es directamente proporcional a la concentración de harina de papa roja, siendo la botana elaborada con esta harina la que presentó alto porcentaje de inhibición (41.43%), con respecto a los demás tratamientos (Figura 2a). Asimismo, en la Figura 2b se presenta la actividad antioxidante obtenida al utilizar 0.2 g de muestra, observándose el incremento de la capacidad antioxidante en todos los tratamientos en función al porcentaje de sustitución, siendo T5 el que presentó el mayor porcentaje de inhibición (34.67%), con respecto a la botana control (9.71%).



**Figura 2.** Comparación de la actividad antioxidante de botanas elaboradas a partir de harinas compuestas por grits de maíz y harina de papa roja (*Oxalis tuberosa*), mediante el radical DPPH a diferentes concentraciones (a) 0.1; (b) 0.2 g de muestra.

En cuanto a la evaluación de la actividad antioxidante por el radical ABTS, los resultados se muestran en la Figura 3 y se observa que botanas elaboradas con harina de papa roja mostraron alta actividad antioxidante (49% inhibición) en comparación con la botana control (16.05% de inhibición).



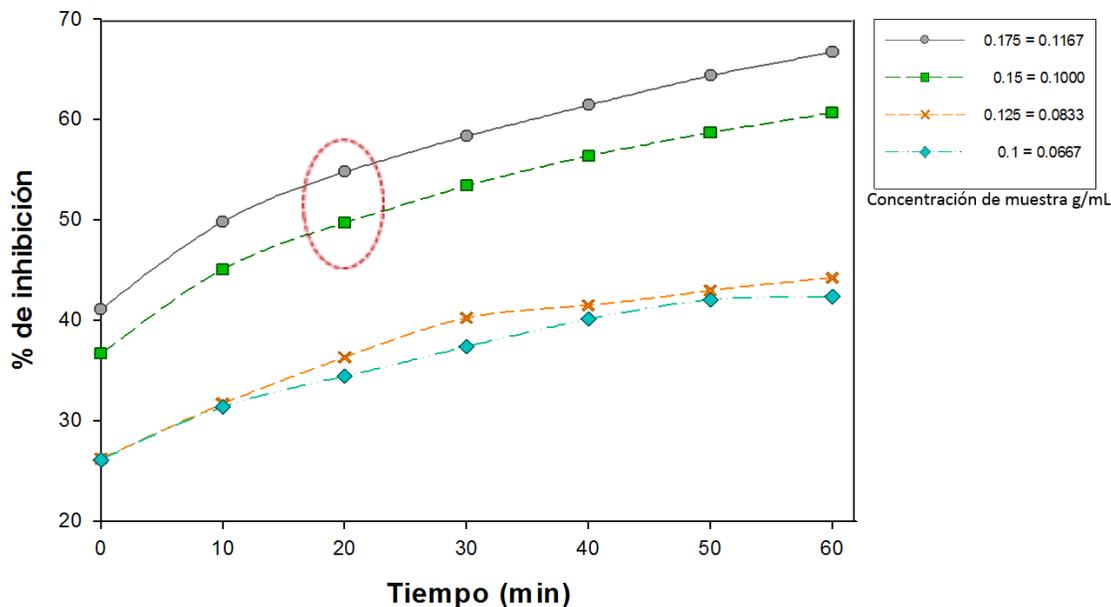
**Figura 3.** Comparación de la actividad antioxidante de botanas elaboradas a partir de harinas compuestas por grits de maíz y harina de papa roja (*Oxalis tuberosa*), mediante el radical ABTS.

Resultados similares fueron reportados por Peksa *et al.* (2016), donde la actividad antioxidante de botanas funcionales incrementó significativamente en comparación con la muestra control; siendo las botanas adicionadas con harinas de calabaza y papa, las que presentaron mayores valores o porcentajes de inhibición de DPPH y ABTS de 91 y 112% para harina de calabaza, mientras que para harina de papa fue de 34 y 32%. Además de la adición de harina vegetal, los compuestos antioxidantes y el cambio de la actividad antioxidante en los productos extrudidos también pueden atribuirse a la liberación de compuestos fenólicos de las paredes celulares (fragmentación de polifenoles complejos en compuestos fenólicos de bajo peso molecular), a la interacción de fenoles con proteínas; ya que, los compuestos fenólicos presentan alta actividad antioxidante y existe una fuerte correlación entre el contenido fenólico y la actividad de eliminación de radicales libres, particularmente para el radical DPPH (Bisharat *et al.*, 2015). No obstante, el aumento en la actividad antioxidante también podría resultar de la presencia de productos de reacción de Maillard, creados probablemente durante la extrusión de la masa que contiene cantidades adecuadas de sustratos necesarios, tales como la reducción de azúcares y aminoácidos. Es importante mencionar que el enriquecimiento de alimentos con compuestos antioxidantes parece ser útil en la nutrición humana y beneficiosa desde el punto de vista de la salud, debido a que los efectos protectores de los antioxidantes implica la capacidad de atrapar o inhibir la formación de radicales libres, donar átomos de hidrógeno, saturar el oxígeno singlete y quelar los iones metálicos (Kolniak-Ostek *et al.*, 2017).

#### Determinación de EC<sub>50</sub> mediante el radical DPPH

Una vez obtenidos los porcentajes de inhibición de cada uno de los tratamientos, se procedió a determinar el EC<sub>50</sub> en las muestras que lograron reducir 50% de la concentración inicial de DPPH, siendo únicamente la botana elaborada a partir de harina de papa roja con 64.07% de inhibición, en la cual se determinó la concentración óptima; encontrándose que se requieren de 0.152.68 g muestra/g DPPH para inhibir el 50% del radical inicial (Figura 4). De esta prueba también se obtuvo que TEC<sub>50</sub> (tiempo necesario para completar la reacción) fue al min

40 con 0.1 g de muestra, mientras que con 0.2 g de muestra el tiempo de acción disminuye (20 min), Vergara-Valencia *et al.* (2007) mencionan que tanto la alta actividad antioxidante ( $EC_{50}$ ), como el tiempo de reacción puede deberse a la acción conjunta de antioxidantes de muy variada reactividad, debido a que cada componente fenólico contribuye en forma diferente a la capacidad antioxidante.



**Figura 4.** Obtención de la concentración mínima necesaria para inhibir el 50% del radical DPPH

## CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos se concluye que la capacidad antioxidante está altamente correlacionada con el contenido de compuestos fenólicos presentes en la harina de papa roja, ya que al agregar una mayor proporción de esta harina también hay un aumento en la actividad antioxidante en cada uno de los tratamientos con respecto al control. Siendo, botanas elaboradas con harina de papa roja y T5 los que presentaron mayor porcentaje de inhibición del radical DPPH y ABTS. Es importante mencionar que la calidad de los productos de botanas extrudidas depende directamente de la materia prima que se utiliza para su elaboración, ya que algunas características como la morfología, el procesamiento y la composición de las harinas afectan sus propiedades funcionales, y en consecuencia la calidad del producto final.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G., & Romani, S. (2011). Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 700-705.
2. Bisharat, G.I., Oikonomopoulou, V.P., Panagiotou, N.M., Krokida, M.K., & 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.
3. 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.
4. Chalermchaiwat, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Charunuch, C., & Prinyawiwatkul, W. (2015). Antioxidant activity, free gamma-aminobutyric acid content, selected physical properties and consumer acceptance of germinated brown rice extrudates as affected by extrusion process. *LWT-Food Science and Technology*, 64, 490-496.

5. Chávez, D.W.H., Ascheri, R.J.L., Carvalho, W.P.C., Godoy, L.O.R., & Pacheco, S. (2017). Sorghum and roasted coffee blends as a novel extruded product: Bioactive compounds and antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*, 29, 93-103.
6. Chirinos R., Betalleluz I., Huamán A., Arbizu C., Pedreschi R., & Campos D. (2009). HPLC-DAD Characterization of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 113, 1243-1251.
7. Fernández-Ibarra, R.P., García-Guerrero, D.C., de la Rosa-Millán, J., & Chávez-Murillo, C.E. (2018). Botanas de Harina de Maíz Nixtamalizado y Hortalizas: Caracterización Nutricional Parcial. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 436-440.
8. Kolniak-Ostek, J., Kitab, A., Pęksab, A., Wawrzyniak, A., Hamułkac, J., Jeznachc, M., Danilčenkod, H., & Jariene, E. (2017). Analysis of the content of bioactive compounds in selected flours and enriched extruded corn products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 64, 147-155.
9. Morales, P., Cebadera-Miranda, L., Cámara, R.M., Reis, F., Barros, L., Berrios, J.D.J., Ferreira, I., & Cámara, M. (2015). Lentil flour formulations to develop new snack-type products by extrusion processing: Phytochemicals and antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*, 19, 537-544.
10. Lizárraga-Ramírez, M.G., Aguilar-Palazuelos, E., Zazueta-Morales, J.J., Delgado-Nieblas, C.I., Ordorica-Falomir, C.A., Jacobo-Valenzuela, N, Camacho-Hernández, I.L., & Limón-Valenzuela, V. (2013). Características fisicoquímicas y microestructurales de botanas directamente expandidas por extrusión adicionadas de calabaza (*Cucurbita moschata* D). VIII Congreso del Noroeste y IV Nacional en Ciencias Alimentarias y Biotecnología, del 27 de febrero al 01 de marzo 2013. San Carlos, Nuevo Guaymas, Sonora, México.
11. Ondo, S.E., & Ryu, G.H., (2013). Physicochemical and antioxidant properties of extruded corn meal with natural cocoa powder. *Food Science and Biotechnology*, 22, 167-175.
12. Oyeyinka, A.T., Pillay, K., Tesfay, S., & Siwela, M. (2017). Physical, nutritional and antioxidant properties of Zimbabwean bambara groundnut and effects of processing methods on their chemical properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 2238-2247.
13. Peksa, A., Kita, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Miedzianka, J., Kolniak-Ostek, J., Tajner-Czopek, A., Rytel, E., Siwek, A., Miarka, D., & Drozd, W. (2016). Sensory attributes and physicochemical features of corn snacks as affected by different flour types and extrusion conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 26-36.
14. Rodríguez-Miranda J., Ruiz-López I.I., Herman-Lara E., Martínez-Sánchez C.E., Delgado-Licon E., & Vivar-Vera M.A. (2011). Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *LWT-Food Science Technology*, 44, 673-680.
15. Rotta, E.M., Haminiuk, C.W.I., Maldaner, L., & Visentainer, J.V. (2017). Determination of antioxidant activity and phenolic compounds of *Muntingia calabura* Linn. peel by HPLC-DAD and UPLC-ESI-MS/MS. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 954-963.
16. Vergara-Valencia, Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Jenny, R., & Bello-Pérez, L.A. (2007). Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 722-729.