

## Grano gastado de cervecería como ingrediente para aumentar fibra en totopos horneados de maíz

A.G. Martínez-Valeriano<sup>1</sup>, L.E. Pérez-Cabrera<sup>1</sup>, K.Y. Amador-Rodríguez<sup>2</sup>, A. Tecante<sup>3</sup>, y G.C. Díaz-Narvaes<sup>1</sup>.

1 Maestría en Ciencias agronómicas, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2 Departamento de Alimentos, Instituto Tecnológico El Llano- Aguascalientes. 3 Facultad de química de la UNAM. [agabymv@gmail.com](mailto:agabymv@gmail.com)

**RESUMEN:** Se estudiaron los aportes nutricionales, propiedades fisicoquímicas y mecánicas(fracturabilidad) a efecto de la incorporación de grano gastado de cerveceria o "Brewers spent grain" como polvos o puré en totopos de tortilla. El grano congelado se sometió a secado y liofilización, se trituró y se añadió en polvo o en puré a la formulación a niveles del 18% (polvo) y 48%(puré) en la mezcla para masa. Las muestras triangulares se laminaron, se hornearon en un horno de gas y finalmente se empaquetaron para su posterior análisis. La adición de las harinas o el puré de "GGC" aumentó significativamente el contenido de proteína (de 7.65% a 9.46%) y de fibra dietética (de 1.97% a 14.56%), con esto se logró una modificación calórica (de 3.4 cal · kg-1 a 3.09 cal · kg-1) en los chips de tortilla fortificados respecto al estándar. Además, el análisis de textura mostró que las piezas adicionadas de BSG tenían una fuerza de fractura ligeramente más alta (2093 g) que las piezas de control (1531 g). De estos resultados, se concluye que la harina o pasta de granos gastados de cerveza podría incorporarse en una formulación innovadora para producir chips de tortilla con mejores propiedades fisicoquímicas y nutricionales.

**Palabras clave:** Subproducto de cervecería; totopos fortificados; aportes nutricionales.

**ABSTRACT:** The addition of powders and mash of Brewers Spent Grains (BSG) into tortilla chips and their effect on the physicochemical, mechanical (Fracture force) and nutritional properties was studied. The frozen grain was dried and lyophilized, crushed and added in powders or mash to the chips formulation at levels of 18% and 48% into the mixture. The triangular samples were processed in a laboratory-scale laminator, baked in a gas oven, and finally packaged for later analysis. The addition of Brewers Spent Grain (BSG) flour or mash significantly increased the protein (from 7.65% to 9.46%) and dietary fibre (from 1.97% to 14.56%), modified caloric contents (from 3.4 cal·kg-1 to 3.09 cal·kg-1) in the fortified tortilla chips when compared to the standard contents. Additionally, texture analysis showed that BSG chips had slightly higher fracture force (2093 g) than the base chips samples (1531 g). From these results, it is concluded that Brewers Spent Grain (BSG) flour or mash could be used to create a novel formula with which to produce tortilla chips with improved physicochemical and nutritional properties.

**Keywords:** Brewery by-products; fortified tortilla chips; nutritional properties.

**Área:** Aprovechamiento y valorización de subproductos

### INTRODUCCIÓN

Los snacks se encuentran entre los alimentos procesados de más éxito comercial, siempre listos para comer, algunas de sus conveniencias son el bajo costo en comparación con otros alimentos, su variedad de presentaciones, sabores y larga vida útil. Se producen principalmente a partir de harina de cereales o almidones, comúnmente aportan alto contenido en calorías y grasas con bajo contenido de proteínas y fibra, por lo que son percibidos como alimentos poco saludables para muchos consumidores. (Korkerd, Wanlapa, Puttanlek, Uttapap, & Rungsardthong, 2016).

En México el maíz es uno de alimentos más importantes en la dieta de poco más del 90% de la población, es fuente del 38,8% de las proteínas, 45,2% de las calorías de la ingesta diaria requerida (Calleja Pinedo & Valenzuela, 2017). Un estudio reveló, en 2010 que en México se ingiere 62 kg per

capital de tortilla de maíz (Resultados del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Foundation Changing Markets, 2019).

La tortilla de maíz es de los alimentos más consumidos en México, por lo que es importante que sea vehículo de sustancias benéficas para la salud de los consumidores (Quintero Gutiérrez et al., 2014), también es producto emblema de la dieta popular en todos sus niveles socioeconómicos y varios proyectos de investigación proponen mejorar la calidad nutricional de los productos de maíz con la adición de otras harinas vegetales (Amador Rodríguez, 2008).

Económicamente México es primer exportador de cerveza industrial a nivel mundial y durante la última década la producción y consumo de cerveza artesanal ha tomado popularidad en sus principales ciudades (Calvillo, 2017), Aguascalientes no es la excepción, en consecuencia, no es difícil obtener subproductos de estas agroindustrias, que causan un problema de eliminación importante y a la vez contienen una gran cantidad de nutrientes. El grano gastado es el principal subproducto de la industria cervecera, representa alrededor del 85% del total de subproductos generados (Mussatto, Dragone, & Roberto, 2006), ha recibido poca atención como producto comercializable, sin embargo, debido a su relativamente bajo costo y alto contenido de proteínas y fibra (alrededor del 20 y 70%) en base seca, puede considerarse una fuente prometedora de suplementos alimenticios (Ikram, Huang, Zhang, Wang, & Yin, 2017).

Se han realizado investigaciones sobre la posibilidad de incorporar Grano Gastado de Cervecería como ingrediente de valor para la dieta humana, en la fabricación de productos de panadería como copos de desayuno, pan integral, galletas, magdalenas, pasteles, pastas, waffles, bocadillos, rosquillas y Brownies o en cárnicos como salchichas. (Attia et al., 2010a)(Haynes, Bettge, & Slade, 2009)(Ikram et al., 2017).

Este trabajo pretende evaluar las modificaciones nutricionales obtenidas de elaborar un snack popular como son los totopos o chips de maíz con adición de Grano Gastado de Cervecería, que pudiera ser un vehículo atractivo para principios digestivos y dietéticos como son la fibra dietaria y proteínas características de este subproducto agroindustrial.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se utilizó grano gastado de cerveza de malta tipo Pale Ale proporcionado por la empresa Cervecería Santa Sofía (Aguascalientes, México), harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizado de marca comercial agroinsa® (N.L., México), sal de grado alimenticio (La Fina, Coatzacoalcos, México) y agua purificada por osmosis inversa (la posta, UAA, Ags., México).

#### **Tratamiento del subproducto**

El subproducto de grano gastado de cerveza húmedo obtenido tras el prensado y filtración del mosto se deshidrató por aire caliente forzado (Excalibur Products, 3500, USA) a 60°C por 6 h, mientras otros lotes se congelaron en bandejas a -18°C (SO-LOW, U40-13, USA) para posteriormente liofilizarse (Labconco, FreeZone® Legacy, 7752020, USA) a 0.0099°C y 610.5 Pa. Los subproductos procesados se sometieron a una molienda (Oster, MEX) por 3 minutos obteniendo polvos alimentarios que se conservaron en recipientes herméticos a 4°C. También se reservó GGC fresco a -4°C por no más de dos días en bolsas ziploc® (SC Johnson, Méx) a fin de molerse (Oster, MEX) y emplearse como pasta en las formulaciones.

#### **Formulación de los totopos de maíz con GGC**

Se generaron tres fórmulas para totopos con GGC, la mezcla de 97% de harina nixtamalizada de maíz sirvió como control como se muestra en la **Tabla I**.

Para la preparación de las muestras control, se mezclaron 970 g de harina de maíz nixtamalizada, 30 g de sal, y se adicionaron 1400 g de agua purificada caliente a 65°C, en batidora con mezclador (KitchenAid, Michigan, EE. UU.) durante 8 min a velocidad media. El proceso de fortificación se realizó sustituyendo el 18%, 18% y 47% del peso de los ingredientes con polvos de GGC seco, liofilizado y como puré, respectivamente. Las masas resultantes se mantuvieron envueltas en plástico a temperatura ambiente, y se dejaron reposar durante 30 minutos.

**TABLA I**  
FORMULACIÓN DE LOS TOTOPOS

| Clave y descripción  | Ingredientes |     |                       | Proporción<br>mezcla: agua |
|----------------------|--------------|-----|-----------------------|----------------------------|
|                      | HMN          | sal | GGC                   |                            |
| TC -CONTROL          | 97%          | 3%  |                       | 1:1.4                      |
| TS - GGC seco        | 79%          | 3%  | 18% polvo seco        | 1:1.2                      |
| TL – GGC liofilizado | 79%          | 3%  | 18% polvo liofilizado | 1:1.2                      |
| TH – GGC húmedo      | 50%          | 3%  | 47% puré              | 1:0.8                      |

HMN= harina nixtamalizada de maíz

GGC= grano gastado de cervecería procesado

### Moldeado y procesamiento de los totopos

Las piezas de aproximadamente 18 cm<sup>2</sup> de área se formaron en una laminadora de tortillas a escala laboratorio con rodillo de moldes triangulares (VERDUZCO, México). El grosor final de las testales de tortilla se ajustó a 1,2 mm de espacio entre los rodillos de la laminadora. Las piezas se colocaron en charolas de aluminio con spray de aceite de canola (PAM, Conagra Brands, USA) y se enviaron a un horno giratorio industrial (ZUCHELLI-ALPHA, 260493, Italia-México) precalentado a temperaturas entre 210 a 230° C, donde tras una precocción de 4 minutos; se voltearon y hornearon por 5 minutos, hasta obtener el tono dorado y textura característico del producto. Los totopos o chips de maíz se enfriaron a temperatura ambiente por 20 minutos y se empacaron en bolsas de celofán y frascos herméticos.

### Análisis de composición proximal

Los siguientes análisis se realizaron por triplicado a los totopos: contenido de humedad (secado a 105 ° C durante 24 h); ceniza (incineración a 550 ° C); proteína cruda (N × 6.25, combustión de Dumas en equipo Thermolab Leco FP-528); extracto etéreo (desengrasado en equipo Goldfish con éter de petróleo); y fibra dietaria total (digestión enzimática y método gravimétrico: Kit Sigma-Aldrich DF-100A y TDF-C10, EE. UU.), siguiendo los métodos oficiales AOAC 925.10, 923.03, 997.09,30-25 (AACC) y 985.29- 985.29, respectivamente. Los hidratos de carbono se calcularon por diferencia. El contenido de energía se calculó utilizando los factores de conversión de 4 cal · g<sup>-1</sup> para proteínas, así como para sacáridos y 9 cal · g<sup>-1</sup> para lípidos.

### Propiedades fisicoquímicas

La actividad del agua se determinó utilizando un medidor de actividad del agua (Aqualab Decagon Devices, EE. UU.) A 25 ° C.

Para el análisis de color, se utilizó un sistema de escala de color “L\*, a\* y b\*” (CR300, Minolta Co., Japón). La diferencia de color ( $\Delta E$ ) de las muestras se calculó comparando con la harina de maíz nixtamalizada, utilizando la ecuación:  $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$

Donde:  $\Delta L = L^*_{\text{muestra}} - L^*_{\text{referencia}}$ ;  $\Delta a = a^*_{\text{muestra}} - a^*_{\text{referencia}}$ ; y  $\Delta b = b^*_{\text{muestra}} - b^*_{\text{referencia}}$ .

La fuerza de fractura (g) se determinó utilizando un micro Analizador de textura Stable Micro Systems TA / XT plus (Reino Unido) equipado con un TA-8 1/4”, sonda de bola P/2 y una base de fractura crujiente. El procedimiento se basó en métodos Crisp fracture incluidos en software del equipo y los

estudios de Maetens et al., (2017). Se colocó el totopo sobre la base y la sonda se bajó mecánicamente hasta que perforó la pieza. Se registró la fuerza necesaria para fracturar el totopo como valor de carga máxima de un grupo de 5 muestras repetidas.

### Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar (n=3) y se utilizaron para el análisis de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico InfoStat para Windows. La diferencia estadística se determinó en el valor de  $p < 0,05$  utilizando prueba de HSD de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la composición de totopos control (TC) y los totopos con adición de GGC procesado como polvo seco (TS), polvo liofilizado (TL) o pasta húmeda (TH) se muestran en la **TABLA II**. Al comparar la composición de los totopos adicionados con GGC como polvo o pasta acondicionada es posible observar que si existe diferencia respecto al control. Una modificación de los totopos descritos en este trabajo respecto a los comerciales es el bajo contenido de grasas, pues la normativa nacional permite esta declaración en productos cuyo contenido de grasa es menor a 3 g/porción y todas las formulaciones descritas aportan solo 1.5 g/porción de 25 g. La modificación más importante entre los componentes de los totopos con GGC es la fibra dietaria, pues se presentó un incremento del 6% al 12% respecto al control que solo aporta un 2%, con lo que es posible considerarles productos adicionados con fibra, ya que en México la NOM-086-SSA1-1994 define estos alimentos como aquellos en los que el contenido de fibra es igual o mayor de 2,5 g/porción en relación al contenido del alimento original o de su similar. Por su parte, la FDA estableció que para que un alimento sea considerado “alta fuente de fibra”, “buena fuente de fibra” o “fuente de fibra” debe contener un 20%, 10-19% o más de 7%, respectivamente del valor diario recomendado de fibra equivalente a 25g, al realizar esta comparación se puede estimar un aporte que va de 8% a un 15% de la IDR (ingesta diaria recomendada) en una porción de 25 g de totopos horneados, por ende, es posible definir los totopos formulados con GGC como “buena fuente de fibra”.

El aumento en el aporte de fibra y proteína de los totopos adicionados con GGC no solo contribuye a la saciedad, sino también un decremento en el contenido energético de los productos, en consecuencia, dichos totopos podrían favorecer un mejor balance de nutrientes y promover la salud de quien los consuma.

**TABLA II**  
**APORTE PROXIMAL NUTRICIONAL Y CALORICO /100 g Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE TOTOPOS DE MAIZ NIXTAMALIZADOS CONTROL Y ADICIONADOS CON GGC**

|                                   | Totopo de maíz control (TC)   | Totopo con polvo seco GGC (TS)             | Totopo con GGC Liofilizado (TL) | Totopo con puré de GGC (TH)   | Valor-p      |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Humedad                           | 7.30 $\pm$ 0.004 <sup>b</sup> | 3.52 $\pm$ 0.018 <sup>a</sup>              | 4.22 $\pm$ 0.266 <sup>a</sup>   | 8.19 $\pm$ 0.285 <sup>c</sup> | $\leq$ 0.001 |
| Proteína cruda                    | 7.65 $\pm$ 0.062 <sup>a</sup> | 8.97 $\pm$ 0.027 <sup>b</sup>              | 9.45 $\pm$ 0.056 <sup>c</sup>   | 9.46 $\pm$ 0.052 <sup>c</sup> | $\leq$ 0.001 |
| Lípidos                           | 0.06 $\pm$ 0.015 <sup>a</sup> | 0.05 $\pm$ 0.025 <sup>a</sup>              | 0.06 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup>   | 0.06 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup> | $\leq$ 0.001 |
| Fibra dietaria                    | 1.97 $\pm$ 1.22 <sup>a</sup>  | 14.56 $\pm$ 0.52 <sup>c</sup>              | 11.60 $\pm$ 2.93 <sup>bc</sup>  | 8.02 $\pm$ 2.52 <sup>b</sup>  | $\leq$ 0.002 |
| Cenizas                           | 5.77 $\pm$ 0.001 <sup>c</sup> | 4.74 $\pm$ 0.000 <sup>b</sup> <sup>c</sup> | 3.44 $\pm$ 0.007 <sup>a</sup>   | 4.02 $\pm$ 0.001 <sup>b</sup> | $\leq$ 0.001 |
| Hidratos de carbono*              | 77.25                         | 68.18                                      | 71.23 <sup>b</sup>              | 70.25 <sup>b</sup>            |              |
| Aporte energético (Cal)           | 340.14                        | 309.05                                     | 323.26                          | 319.38                        |              |
| Actividad de agua (aW)            | 0.26 $\pm$ 0.008 <sup>b</sup> | 0.19 $\pm$ 0.004 <sup>a</sup>              | 0.14 $\pm$ 0.001 <sup>a</sup>   | 0.27 $\pm$ 0.004 <sup>b</sup> | $\leq$ 0.001 |
| Diferencia de color ( $\Delta$ L) | 19.24 <sup>b</sup>            | 13.05 <sup>a</sup>                         | 14.72 <sup>a</sup>              | 11.21 <sup>a</sup>            | 0.056        |
| Fuerza de fractura                | 1531 $\pm$ 262 <sup>a</sup>   | 2093 $\pm$ 165 <sup>c</sup>                | 1966 $\pm$ 237 <sup>b</sup>     | 2014 $\pm$ 263 <sup>bc</sup>  | $\leq$ 0.001 |

(g)

GGC= grano gastado de cervecería procesado

Las diferencias de color se calcularon en comparación con la harina nixtamalizada de maíz.

Los valores se presentan como media  $\pm$  desviación estándar del análisis por triplicado.

Valores en la misma fila seguidos por superíndices diferentes son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Los totopos con polvo seco de GGC fueron los que presentaron menor contenido humedad, probablemente debido al daño térmico que sufrieron las proteínas y polisacáridos del grano durante el secado con temperatura y al menor tamaño respecto a los polvos liofilizados, sin embargo, no existen diferencias de humedad y aw entre ambos chips. Por su parte los totopos con puré de GGC tuvieron mayor saturación de agua, ello puede deberse al principio de que a mayor tamaño de partícula habrá mayor hidratación (Belitz et al., 2009).

En cuanto al color solo se encontró diferencia entre los totopos control y los grupos adicionados con GGC, ya que entre los tratamientos con GGC no se reportaron diferencias de color.

Respecto a la textura analizada como fuerza de fractura todos los grupos presentaron diferencias estadísticamente significativas, siendo los chips más frágiles los de formula control, de ello se confirma que la incorporación de fibras reduce el volumen de los totopos al mismo tiempo que aumenta su firmeza. (Attia et al., 2010)

Se logró adicionar con éxito grano gastado de cervecería artesanal en la formulación de un snack tipo totopo de maíz, con lo cual no solo se lograría reducir las pérdidas agroindustriales del subproducto, sino que también se obtuvo aumento en el contenido en fibra y proteína.

En conclusión, tecnológicamente la adición de GGC en puré o como polvo alimentario ya sea seco o liofilizado, afecta las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los totopos horneados de harina nixtamalizada de maíz, al tiempo que mejora sus valores nutritivos y resistencia mecánica, resultando un insumo viable para mejorar snacks de maíz.

#### Declaración de conflicto de intereses

Los autores de este trabajo declaran no tener ningún conflicto de interés en relación con esta investigación.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Amador Rodríguez, K. Y. (2008). *Desarrollo de un producto tipo totopo a base de harina de maíz a partir de la sustitución parcial de harinas de nopal y de soya*.
- Attia, H., Elleuch, M., Besbes, S., Blecker, C., Bedigian, D., & Roiseux, O. (2010). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, *124*(2), 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
- Calleja Pinedo, M., & Valenzuela, M. B. (2017). La tortilla como identidad culinaria y producto de consumo global. *Región Y Sociedad*, *28*(66). <https://doi.org/10.22198/rys.2016.66.a404>
- Calvillo. (2017). La Cerveza Artesanal Una experiencia multisensorial. *Deloitte*.
- Foundation Changing Markets. (2019). *AL GRANO ¿qué marcas de harinas incumplen con la normativa de fortificación mexicana?* Retrieved from [www.changingmarkets.org](http://www.changingmarkets.org)
- Haynes, L. C., Bettge, A. D., & Slade, L. (2009). Soft wheat and flour products methods review: Solvent retention capacity equation correction. *Cereal Foods World*. <https://doi.org/10.1094/CFW-54-4-0174>
- Ikram, S., Huang, L. Y., Zhang, H., Wang, J., & Yin, M. (2017). Composition and Nutrient Value Proposition of Brewers Spent Grain. *Journal of Food Science*, *82*(10), 2232–2242. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13794>
- Korkerd, S., Wanlapa, S., Puttanlek, C., Uttapap, D., & Rungsardthong, V. (2016). Expansion and functional properties of extruded snacks enriched with nutrition sources from food processing by-products. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(1), 561–570. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2039-1>
- Maetens, E., Hettiarachchy, N., Dewettinck, K., Horax, R., Moens, K., & Moseley, D. O. (2017). Physicochemical and nutritional properties of a healthy snack chip developed from germinated soybeans. *LWT - Food Science and Technology*, *84*, 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.020>
- Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>

Quintero Gutiérrez, A. G., González Rosendo, G., Navarro, A. S., Reyes Navarrete, G. E., Villanueva Sánchez, J., & Rivera, G. B. (2014). Caracterización de una tortilla tostada elaborada con maíz (*Zea mays*) y alga (*Ulva clathrata*) como prospecto de alimento funcional CHARACTERIZATION OF A TOASTED TORTILLA MADE WITH CORN (*ZEA MAYS*) AND SEAWEED (*ULVA CLATHRATA*) AS FUNCTIONAL FOOD PROSPECTUS. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, 20(1), 22–28. <https://doi.org/10.7400/RENC.2014.01.1.5005>