

Características Tecnológicas y Fitoquímicas de Maíz Criollo Raza Elotero de Sinaloa

Y.B. Jiménez-Nevárez¹, J. Milán-Carrillo^{1,2}, S. Mora-Rochín^{1,2}, A. Montoya-Rodríguez^{1,2}, C. Reyes-Moreno^{1,2}, y E.O Cuevas-Rodríguez^{1,2}, P.C. Reyes-Fernández², E.M. Milán-Noris².

¹Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias Químico Biológicas (FCQB), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). ²Programa para el Doctorado en Biotecnología, FCQB-UAS, Ciudad Universitaria, AP 1354, CP 80000, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. bris_nevarez19@hotmail.com

RESUMEN:

Recientemente se ha reportado, que dietas que incluyan consumo de cereales integrales, esta asociado con la reducción de enfermedades, como diabetes, diferentes tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares. El efecto benéfico esta asociado a los diferentes fitoquímicos presentes en cereales. En Sinaloa, se han registrado 15 genotipos de maíz de la raza Elotero de Sinaloa, el cual se caracteriza por ser un grano azul, pigmento asociado con antocianinas; además, es necesario el estudio de sus características físicas para evaluar su potencial industrial. El objetivo de este estudio fue evaluar características físicas y fitoquímicos en maíz azul raza Elotero de Sinaloa. De acuerdo a la norma de la industria de la masa y la tortilla (NMX-FF-034/1-SCFI-2002), los indicadores de calidad comercial y manejo de almacenamiento, como son peso de mil semillas y peso hectolítrico son importantes para conocer si un grano es apto para elaborar masa. Los resultados mostraron que si cumplen con la norma. En fitoquímicos, la fracción ligada de fenólicos (>70 %) aportan el mayor contenido en fenólicos totales (215 mg EAG/100 g, bs) y actividad antioxidante (DPPH, 3,176 μmol ET/100 g, bs) al grano de maíz. Las antocianinas, presentaron un contenido de 27 mg ECG/100 g, bs.

Palabras clave: *Actividad antioxidante, Antocianinas, Fénolicos, Maíz criollo azul.*

ABSTRACT:

Recent reports show the fact that diets that include whole cereals, are associated with the risk reduction of illness like diabetes, cardiovascular diseases and cancer. This benefit is associated to the presence of phytochemicals in cereals. Sinaloa has 15 genotypes of creole maize race Elotero of Sinaloa (CMRES), a pigmented grain of blue color, which is related with the presence of anthocyanins. However, it is necessary the evaluation of its physical properties for its industrial potential use. The objective of this study was to evaluate phytochemical and technological properties of CMRES. According to the norm of dough and tortilla industry (NMX-FF-034/1-SCFI-2002), the indicators of commercial quality and storage management, such as weight of one thousand grains and hectolitic weight, they are important to know if cereals are suitable to make dough. The results showed that these parameters evaluated in CMRES are in the standard of the dough and tortilla industry. In the other hand, the bound fractions of phytochemicals (> 70%) provide the major content of both total phenolics (215 mg GAE / 100 g, dw) and antioxidant activity (DPPH: 3.176 μmol TE / 100 g, dw) to the maize grain. The anthocyanins value was 27 mg CGE / 100 g, dw.

INTRODUCCIÓN

En México, están prevalenciando enfermedades de primer mundo, debido al abandono de alimentos tradicionales (leguminosas/cereales integrales), estudios epidemiológicos han indicado que una dieta que incluya consumo alto de vegetales y cereales está fuertemente asociada con la reducción de enfermedades como diabetes, cáncer de mama, cáncer de colon, cáncer de próstata y enfermedades cardiovasculares (Reuter y col, 2010). El efecto benéfico se ha asociado al contenido de nutraceuticos o fitoquímicos en cereales (Chandrasekara y Shahidi, 2011). El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal consumido ampliamente en México y América Central. México, centro de origen y domesticación del maíz, tiene la mayor diversidad de recursos genéticos en el mundo, con cerca de 59 razas de maíces criollos diferentes (Sánchez y col, 2000). De estas variedades, destacan el maíz azul, el cual debe su coloración a compuestos fenólicos, como las antocianinas (Sánchez y col, 2000). La atención al perfil de fitoquímicos de los cereales se ha incrementado, debido a la sensibilización de los consumidores sobre su salud y diversos beneficios nutraceuticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó maíz criollo azul, raza Elotero de Sinaloa. PH: se utilizó el procedimiento 55-10 de la AACC (1995); Índice de Dureza: 1) IF: se determinó según el método estándar descrito por Salinas y col. (1992). 2) PR: Se determinó por NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (NOM, 2007). Fenólicos totales (Singleton y col, 1999); Antocianinas totales (Abdel-Aal y Huel, 1999), DPPH (Ramos y col, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla I** se muestran las características físicas del grano de maíz azul del Estado de Sinaloa, el cual presentó valores de longitud, ancho y grosor de 10.5, 10.45, 4.4 mm, valores similares a lo reportado por Mora-Rochín y col (2013), quienes encontraron valores de 9, 9.2 y 5 mm, respectivamente para maíz azul de Sinaloa; además, coincide con lo reportado por Figueroa-Cárdenas y col (2013), quienes elaboraron una revisión de los resultados que se han publicado sobre las características físicas de los maíces nativos de México con el objetivo de comparar los diferentes grupos raciales. Estos investigadores reportaron rangos para longitud, ancho y grosor de 10-10.3, 7.5-10, 4.5-5.5 mm, respectivamente.

Los valores obtenidos de peso de mil granos y peso hectolítrico en el grano de maíz azul fueron de 348.5 g y 72.3 kg/hL. El peso de 1000 granos indica el tamaño del grano, y el peso hectolítrico es una medida indirecta de la densidad del grano. De acuerdo a la norma de productos nixtamalizados (NMX-FF-034/1-SCFI-2002), los valores de peso de 1000 granos deben ser mayores a 300 g y superiores a 77 kg/hL, en el caso del peso hectolítrico. El maíz empleado en esta investigación cumple con dichas especificaciones, pudiendo ser utilizado en la industria de la masa y la tortilla.

El valor obtenido en el índice de flotación en maíz azul fue 53.3 %. El índice de flotación permite evaluar indirectamente la dureza del grano, a mayor valor, los granos son más suaves, este parámetro permite diferenciar claramente entre un grano muy suave (88 a 100%), suave (63 a 87%), intermedio (38 a 62%), duro (13 a 37%) y muy duro (0 a 12%) (NOM 2007), observando en esta investigación un endospermo intermedio. De acuerdo con Gaxiola-Cuevas (2013), en un estudio con 15 genotipos de maíz azul nativos de Sinaloa, el índice de flotación mostró valores de 34.7 a 94.7%, la mayoría de los granos presentaron endospermos suaves. El conocimiento de esta propiedad tecnológica es de suma importancia para la industria de la tortilla, ya que de esto dependen los tiempos de proceso, así como las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la masa y el producto final. De acuerdo a la NOM (2010), los granos aptos para ser utilizados en la industria de la masa y la tortilla, son granos suaves, ya que precisan de menores tiempos de cocción para el proceso de nixtamalización en comparación con un grano duro, el cual es más apropiado para la elaboración de botanas (Fernández-Morales y col 2013).

El pericarpio remanente del grano de maíz registró un valor de 5 (**Tabla I**). Este parámetro fue evaluado de acuerdo a una escala hedónica del 1 al 5, donde 1 significa que el pericarpio se removió totalmente de todos los granos de maíz después de 10 minutos de permanecer en solución alcalina, y 5 indica que existió poco cambio en los granos de maíz después de 15 minutos. La presencia de pericarpio residual es importante pues afecta tanto el color de la masa, como su textura.

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Los porcentajes de las partes anatómicas del grano como pericarpio, endospermo, germen y pedicelo, mostraron valores en base seca de 4.46, 82.03, 8.58, 4.93 g/100 g, bs respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Aguayo-Rojas y col (2012), quienes encontraron valores de pericarpio, endospermo, germen y pedicelo de 5.13, 79.4, 11.5 y .93 g/100 g, bs respectivamente, en maíz azul nativo de Sinaloa. Gaytán (2004) menciona que el porcentaje de pericarpio máximo tolerado por la industria de las harinas nixtamalizadas es del 4.5 %, por lo que el maíz azul aquí estudiado es apto para la industria mencionada, con un porcentaje de pericarpio de 4.46. De Sinibaldi y Bressani (2001) mencionan que la industria prefiere bajos porcentajes de pericarpio debido a que éste se elimina con el lavado después del proceso de nixtamalización, por lo que aumenta la pérdida de sólidos, si el porcentaje de pericarpio es elevado, pero no afecta negativamente a la industria de la masa y la tortilla, ya que las gomas presentes en esta fracción del grano confieren calidad a la tortilla (Vázquez y col 2003).

El porcentaje de endospermo es una variable importante para la industria molinera, ya que el producto de la misma, es el endospermo pulverizado para la molienda en seco, o refinado para la molienda en húmedo (Gómez y col 2004). Espinosa y col (2006) mencionan que los maíces pigmentados poseen mayores contenidos de endospermo y mayor tamaño de grano comparado con los maíces blancos. En el germen se encuentran la mayoría de los lípidos del grano, por esto, mientras mayor sea el porcentaje de germen, mayor será su contenido de aceites, por lo que no son aptos para la industria de productos nixtamalizados debido a que reducen la vida de anaquel de los mismos (Acuña, 2001; Salinas y col 2004). Diversos Investigadores (Gaytán, 2004; Salinas y Vázquez, 2006) mencionan que el porcentaje de germen máximo aceptado por la industria de harinas de maíz nixtamalizado es del 12 %, por lo que los maíces evaluados en el presente trabajo serían aptos para esta industria.

En cuanto al contenido de pedicelo, Figueroa y col (2012) mencionan que el porcentaje de esta fracción máxima tolerada por la industria de las harinas nixtamalizadas es de 0.5 %, por lo que el maíz azul en este estudio no sería adecuado para dicha industria, ya que sobrepasan el porcentaje. Sin embargo, también mencionan que el porcentaje de pedicelo no es un factor limitante para la industria de la masa y la tortilla.

Tabla I. Características físicas del grano de maíz criollo azul

Propiedad	Maíz Azul Crudo
Dimensiones físicas (mm)	
Largo	10.5 ± 0.7
Ancho	10.45 ± 1.2
Grosor	4.4 ± 0.5
Peso de 1000 granos (g)	348.5 ± 4.7
Peso hectolítrico (kg/hL)	72.3 ± 0.08
Índice de flotación (%)	53.3 ± 2.3
Dureza	Intermedio
Pericarpio remanente	5
Pericarpio (g/100 g, bs)	4.46 ± 0.02
Endospermo (g/100 g, bs)	82.03 ± 0.03
Germen (g/100 g, bs)	8.58 ± 0.11
Pedicelo (g/100 g,bs)	4.93 ± 0.12

El contenido de fenólicos, antocianinas y actividad antioxidante (evaluada como DPPH) en maíz criollo azul, se muestran en la **Tabla II**. El contenido de fenólicos totales se determinó como la suma de fenólicos libres y ligados. El contenido de fenólicos totales para el grano de maíz azul fue de 215 mg EAG/100 g, bs. Los resultados obtenidos en este estudio son superiores en maíz crudo azul reportado por Aguayo-Rojas y col (2012) y

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Urias-Peraldí y col. (2013) (147 y 106 mg (EAG)/100 g, bs). Las diferencias observadas podrían atribuirse a la genética de los genotipos, a sus propiedades físicas, primordialmente a la relación relativa de las partes anatómicas del grano; pericarpio, endospermo y capa de aleurona donde se encuentran la mayoría de los compuestos fenólicos en el grano de maíz.

El maíz azul presentó un contenido de antocianinas de 27 mg ECG/100 g, bs (**Tabla II**). Nuestro resultado se encuentra en el rango reportado por Mora-Rochín y col. (2016), quienes en un estudio con 6 genotipos de maíces azules nativos de Sinaloa, reportaron valores de antocianinas totales en un rango de 14.1 a 33.1 mg (ECG)/100 g, bs. Sin embargo, fue superior (46 mg ECG/100 g, bs) a lo reportado por Urias-Peraldí y col. (2013), en un estudio con 25 genotipos de maíz azul. La variabilidad en el contenido de antocianinas en diferentes genotipos de maíz puede ser atribuida principalmente a la genética de los granos, así como a diversos factores ambientales: luz visible, radiación ultravioleta, bajas temperaturas, sequías y estrés hídrico (Chalker-Scott 1999).

La actividad antioxidante evaluada como DPPH, se determinó como la suma de las fracciones de fenólicos libres y ligados en maíz azul (**Tabla II**). La actividad antioxidante total para maíz azul corresponde a 3,176.3 $\mu\text{mol TE} / 100 \text{ g, bs}$, mientras que la fracción libre aportó un contenido de 647.1 $\mu\text{mol TE} / 100 \text{ g, bs}$. En la fracción ligada, la capacidad antioxidante del maíz azul fue 2,529.2 $\mu\text{mol TE} / 100 \text{ g, bs}$. Además, los resultados observados en este estudio indicaron que los compuestos fenólicos insolubles o ligados a pared celular, contribuyeron con un 80% de la actividad antioxidante total. Resultados similares han sido reportados por otros investigadores, los cuales han mencionado que más del 80 % de los compuestos fenólicos totales en grano de maíz u otros cereales están ligados principalmente a hemicelulosa en la pared celular del pericarpio, capa de aleurona y germen (Adom y col., 2005; Gutiérrez-Urbe y col., 2010; Mora-Rochín y col., 2010; Aguayo-Rojas y col., 2012; Gaxiola-Cuevas y col., 2013; Urías-Peraldí y col., 2013; Rodríguez-Espitia, 2014).

Tabla II. Contenido de Fenólicos, Antocianinas y Actividad Antioxidante

Propiedad	Maíz Crudo	Azul
Fenólicos Totales¹	215 \pm 0.18	
Fenólicos libres	45 \pm 0.07	
Fenólicos ligados	170 \pm 0.23	
Antocianinas ²	27 \pm 0.03	
Actividad antioxidante³	3176.3 \pm 0.3	
Fenólicos libres	647.1 \pm 0.3	
Fenólicos ligados	2529.2 \pm 0.0	

¹mg equivalentes de ácido gálico/100 g, bs (mg ECG/100 g, bs), ² mg equivalentes de Cianidina-3-glucosido/100 g, bs (mg ECG/100 g, bs). ³ μmol equivalentes de trolox/ 100 g, bs ($\mu\text{mol ET}/100 \text{ g, bs}$).

De acuerdo con los resultados en este estudio, se puede decir que el maíz en estudio es apto para la industria de la masa y la tortilla. Además, el consumo de productos derivados de maíz criollo azul podría contribuir a la reducción de algunos tipos de enfermedades. Su alto contenido de compuestos bioactivos como son fenólicos, antocianinas, y su actividad antioxidante, podrían contribuir en algunos mecanismos para desactivar marcadores que son clave para el desarrollo de algunos tipos de enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC.1995. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. 9° edn. St. Paul, MN, EUA
- Abdel-Aal ESM, Huel P. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*, 76: 350-354
- Aguayo-Rojas J, Mora-Rochín S, Cuevas-Rodríguez EO, Serna-Saldívar SO, Gutierrez-Uribe JA, Reyes-Moreno C y Milán-Carrillo J. 2012. Phytochemicals and antioxidant capacity of tortillas obtained after limecooking extrusion process of whole pigmented Mexican maize. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67:178-185
- Chalker-Scott L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemist photobiology* 70 (1): 1-9.
- Chandrasekara, A., and Shahidi, F. (2011). Inhibitory Activities of Soluble and Bound Millet Seed Phenolics on Free Radicals and Reactive Oxygen Species. *J Agric Food Chem*. 59: 428-436.
- De Sinibaldi ACB y Bressani R. 2001. Características de la cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* ,51(1): 86- 94.
- Fernández Suárez R, Morales Chávez L A y Gálvez Mariscal A.2013. Importance of Mexican maize landraces in the national diet. An essential Review. *Revista Fitotecnia Mexicana*,36: 275 - 283
- Figueroa JDC, Narvaez-González DE, Mauricio SA, Taba S, Gaytán MM, Véles MJJ Rincón, SF y Aragón CF. 2012. Estudios de las características fisicoquímicas, microestructurales y calidad de los grupos raciales nativos (criollos) de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Artículo de Revisión. En prensa.
- Gaxiola-Cuevas N. 2013. Caracterización de antocianinas de maíces (*Zea mays* L.) criollos azules de Sinaloa. Efecto del Proceso de Nixtamalización. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Gaytán MM. 2004. Evaluación y validación de métodos para la clasificación de calidad alimentaria en maíces criollos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas, Saltillo, Coahuila, México.
- Gómez R, Figueroa JD, Rodríguez L, Sánchez A y Ledesma L. 2004. Evaluación de la calidad de maíces criollos del Estado de Hidalgo. In García R J; Rodríguez G M E; Gómez A C A y Cornejo V M A (eds.). *Memorias. Primer Congreso Nacional de Nixtamalización del maíz a la tortilla*. México. p. 18.
- Mora-Rochín S, Gaxiola-Cuevas N, Gutierrez-Uribe J A, Milán-Carrillo J, Milán-Noris E M, Reyes-Moreno C, Serna-Saldívar S O , Cuevas-Rodríguez E O. 2016. Effect of traditional nixtamalization on anthocyanin content and profile in Mexican blue maize (*Zea mays* L.) landraces. *LWT - Food Science and Technology*, 68:563-569.
- NOM.2007. Norma Oficial Mexicana GAX-FF-034/1-SCFI-2002. Disponible el día 21 de abril de 2007 en: www.economia-noms.gob.mx
- NOM.2010. Norma Oficial Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Acceso: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/97/NMX_MAIZ_BLAN_CO.pdf [31 de Octubre del 2012]
- Sánchez JJ, Goodman MM y Sruber CW. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany*,54:43 – 59
- Serna-Saldívar SO, Gómez MH y Rooney LW. 1990. Technology, Chemistry and Nutritional Value of Alkaline-Cooked Corn Products. En “Advances in Cereal Science and Technology”. Vol. X, Pomeranz (Ed). American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, EUA, pp. 243-307.
- Singleton VL, Orthofer R y Lamuele-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299: 152-165
- Urias-Peraldí M, Gutiérrez-Uribe J A, Preciado-Ortiz R E, Cruz Morales A S, Serna-Saldívar S O, y García-Lara S. 2013. Nutraceutical profiles of improved blue maize (*Zea mays* L.) hybrids for subtropical regions. *Field Crops Research*, 141: 69–76
- Vázquez-Carrillo M G, Guzmán-Báez L, Andrés-García J L, Márquez Sánchez F y Castillo-Merino J.2003. Calidad de granos y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26: 231-235