

“Caracterización fisicoquímica de maíz (*Zea mays* L.) pigmentado para potenciar su consumo”

J. Alegría-Marroquín¹, O. Castillo-Ruíz^{1,2} S. Saldaña-Trinidad^{1,2}

1 Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa- Aztlán, Universidad Autónoma de Tamaulipas. 2 Coordinación de la maestría en Biotecnología, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Chiapas. Julio.alegria.marroquin@gmail.com

RESUMEN: El maíz es el cereal básico de la alimentación en México, el uso de los maíces pigmentados para el desarrollo de los alimentos ha sido poco en comparación con los maíces blancos y amarillos. Esto se debe a que los maíces pigmentados son producidos por agricultores de subsistencia en pequeñas superficies, y la mayoría de su producción es para autoconsumo. Sin embargo, no existen estadísticas oficiales actuales acerca de la producción nacional de los maíces pigmentados y solamente hay datos reportados en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, estado de México, Tlaxcala y Sinaloa. Cabe mencionar que en el mercado es posible encontrar harinas de maíz blanco, amarillo y azul, así como las tostadas azules. El objetivo es evaluar la composición química de variedades de maíz pigmentado para potenciar el consumo de productos con alto contenido de ácidos grasos omegas. En este trabajo se revisó las propiedades nutraceuticas de los maíces pigmentados relacionados con su alto contenido de antocianinas, las cuales poseen actividad biológica benéfica, derivada de sus metabolitos secundarios. Aunados a otros componentes químicos importantes en las diferentes variedades de maíz pigmentados, que se encuentran en diferentes concentraciones, como son los ácidos grasos insaturados. Estos componentes nutricionales de las variedades de maíz pigmentado permiten ver el potencial para ser utilizadas como fuente de nutrientes en la dieta de los mexicanos, por lo tanto, es conveniente impulsar la investigación de estos maíces para determinar con profundidad el contenido proteico de cada una de las razas existentes.

Palabras clave: Antocianinas, propiedades nutraceuticas, potencial nutrimental.

ABSTRACT: Maize is the staple food cereal in Mexico, the use of pigmented maize for the development of food has been little compared to the white and yellow maize. This is because pigmented maize is produced by subsistence farmers in small areas, and most of its production is for self-consumption. However, there are no current official statistics on the national production of pigmented maize and there are only data reported in the states of Chiapas, Oaxaca, Puebla, State of Mexico, Tlaxcala and Sinaloa. It is worth mentioning that in the market it is possible to find white, yellow and blue corn flours, as well as blue toast. The objective is to evaluate the chemical composition of pigmented corn varieties to boost the consumption of products with a high content of omega fatty acids. In this work we reviewed the nutraceutical properties of pigmented maize related to its high anthocyanin content, which have beneficial biological activity, derived from its secondary metabolites. Together with other important chemical components in the different varieties of pigmented corn, which are found in different concentrations, such as unsaturated fatty acids. These nutritional components of the pigmented corn varieties allow to see the potential to be used as a source of nutrients in the diet of Mexicans, therefore it is convenient to promote the research of these maize to determine in depth the protein content of each one of the existing breeds.

Keywords: Anthocyanins, nutraceutical properties, nutritional potential.

Área: Nutrición y nutraceuticos

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal (Billeb *et al.*, 2001). Ha sido y continúa siendo parte básica de la alimentación de grandes sectores de la población de varios países de Latinoamérica, principalmente México y Centro América. La diversidad que existe en el país es muy amplia, existen 59 razas de maíces (Sánchez *et al.*, 2000). Dentro de todas las razas descritas se presentan variantes de granos pigmentados con coloración que va desde el negro hasta el rosa pálido, sin embargo, los colores más comunes son el azul/morado, negro y rojo (Salinas *et al.*, 2012). En la república mexicana se cultiva maíz blanco y amarillo en siete millones de hectáreas de los

que se obtienen más de 18 millones de toneladas cada año. En 2018 a nivel nacional Sinaloa era el principal estado productor de maíz con una aportación del 15% a la producción nacional, le seguía Jalisco con el 13% y en tercer lugar se ubicaba México con el 10% de la producción, (SIAP, 2018). Debido a que existen diferentes factores que impiden la alta producción de maíces pigmentados el volumen de producción es bajo, sin embargo, representa uno de los pilares fundamentales para la seguridad alimentaria de familias rurales que se encuentran en condiciones de pobreza. El contenido de lípidos en el grano de maíz es alrededor de 5 % y están localizados principalmente en el germen. En los maíces pigmentados el contenido varía de 3.7 a 5 % (Salinas-Moreno *et al.*, 2013). Por lo tanto, el objetivo es revisar sobre las propiedades nutraceuticas, contenido de antocianinas y la caracterización para conocer el contenido de ácidos grasos insaturados y darle valor agregado a la producción de maíces pigmentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopiló información de la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), base de datos PubMed, Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como también del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Generalidades del maíz

El maíz es una de las plantas con mayor domesticación y evolución y, además, su diversidad genética está concentrada en Mesoamérica, principalmente en México, que es el principal centro de origen, domesticación y diversificación del maíz.

Los maíces blancos y amarillos son los más comunes usados para la elaboración de productos nixtamalizados, pero en otras regiones sobre todo en el centro de México, se usan variedades pigmentadas con colores rojo, azul, morado y negro, los cuales se deben a las antocianinas presentes, principalmente, en el pericarpio y la capa de aleurona (Agama-Acevedo *et al.*, 2008). Las personas de esas regiones prefieren el consumo de tortillas, tamales y atoles con estos maíces pigmentados porque, ellos dicen, el sabor y textura es diferente a los elaborados con maíz blanco y amarillo. Estudios realizados en el almidón de maíces pigmentados mostraron características fisicoquímicas similares, pero investigaciones con tortillas elaboradas con maíces pigmentados muestran menor digestibilidad del almidón, y podría haber un efecto de las antocianinas (Hernández-Urbe *et al.*, 2007).

Maíces pigmentados

Las variedades criollas de maíz presentan granos pigmentados de múltiples colores, los granos encontrados principalmente en las variedades pigmentadas son: amarillo, negro, morado, azul, rojo y naranja, aunque existe una variedad de tonalidades. A estos maíces se le ha otorgado un valor agregado debido a su alto contenido de compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides, entre los que destacan las antocianinas (Masuoka *et al.*, 2012).

El mercado de los alimentos nutraceuticos y alimentos funcionales se ha incrementado como resultado de la demanda de estos productos por parte de los consumidores, el consumo de maíces pigmentados aumentó en EE.UU., mientras que en México los maíces pigmentados se usan principalmente para elaborar tortillas en el autoconsumo, pero también se ocupan en pequeña escala en establecimientos comerciales de comida típica. Sin embargo, de la producción total de maíz en México, los maíces pigmentados representan solo el 10%, lo cual indica un aprovechamiento bajo, pues su contenido nutricional y propiedades nutraceuticas representa una gran oportunidad para el desarrollo de nuevos productos, con nuevas o mejoras características funcionales y nutricionales (Mora-Rochin *et al.*, 2010).

Antocianinas en el maíz

Los compuestos que le confieren la coloración característica a este tipo de maíces son las antocianinas, que representan los principales pigmentos solubles en agua visibles al ojo humano. Las antocianinas, además de ser colorantes inocuos para el consumo humano, poseen importantes actividades biológicas entre las que destacan sus capacidades antioxidantes y antimutagénicas (López-Martínez *et al.*, 2009). Se encuentran presentes en diferentes estructuras en la planta de maíz, como tallo, vaina, hojas e inflorescencias; en la mazorca se pueden encontrar en brácteas, raquis y grano. En el grano se ha reportado la presencia de antocianinas principalmente en el pericarpio, en la capa de la aleurona, o en ambas estructuras (Cui *et al.*, 2012). El contenido de antocianinas totales en los granos de maíz puede variar en función de color del grano. En los maíces con tonalidades azul/morado, púrpura o magenta el contenido es mayor que en los granos de color rojo (Zilic *et al.*, 2012).

Las antocianinas son compuestos fenólicos del grupo de flavonoides y en su fórmula hay dos anillos aromáticos unidos por una estructura de tres carbonos. En su forma natural, esta estructura se encuentra esterificada a uno o varios azúcares, y se denominan antocianinas simples; pero si además del azúcar en la molécula hay un radical acilo, entonces son antocianinas aciladas (Escribano-Bailón *et al.*, 2004)

El contenido de antocianinas varía entre las razas, los maíces con contenidos bajos en antocianinas son los maíces amarillos y rosas, con valores medios están los maíces azules, y los más altos están en los granos de colores morado y negro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe una extensa variedad de maíces pigmentados con un potencial muy alto por su composición química, se ha publicado sobre el contenido lipídico y la caracterización de algunas razas de maíces, en ocasiones esta información se encuentra dispersa en algunos artículos restringidos o informes de proyectos o tesis, de acuerdo con Salinas y colaboradores (2013).

La composición química de algunas razas de maíces, han sido estudiadas por (Vázquez- Carrillo *et al.*, 2018) y (Salinas *et al.*, 2013), el primero describe que los carbohidratos son el componente mayor de los maíces y se encuentran en las células del endospermo en forma de almidón, el segundo encontró mayor contenido proteico en los maíces pigmentados en comparación del maíz blanco y amarillo, estos resultados se pueden observar en la tabla I donde se describen algunas razas de maíces.

Los carbohidratos representan alrededor del 76% del peso seco del grano, aunque algunas razas en las que se presenta variantes del maíz azul alcanzan hasta un 84% (Agama-Acevedo *et al.*, 2004). La composición química del grano de maíz es afectada por la variedad, por el medio ambiente y por las condiciones de cultivo.

Tabla I. Composición química de razas de maíces						
Razas de Maíz	Humedad %	Proteína %	Cenizas %	Lípidos %	Carbohidratos %	Referencias
Blanco	6.6	9.3	1.2	4.8	78.2	Agama-Acevedo <i>et al.</i> , (2011)
Azul	9.8	8.2	1.1	3.7	77.2	
Negro	8.4	9.4	1.6	4.0	76.2	Utrilla <i>et al.</i> , (2010)
Conejo	-	10.1	-	4.7	-	
Olotillo	-	10.2	-	4.3	-	Salinas <i>et al.</i> ,
Tepeantle	-	9.6	-	4.4	-	

Tuxpeño	-	9.8	-	4.2	-	(2013)
Chiquito	-	11	-	5	-	
Bolita	-	10 – 11.6	-	5 – 5.6	-	

Los maíces nativos pigmentados poseen propiedades nutraceuticas, por su alto contenido de antocianinas, las cuales poseen actividad biológica benéfica (antioxidantes) derivada de sus metabolitos secundarios, estos compuestos tienen una acción positiva en la salud al combatir radicales libres, las cuales se involucran en el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas (Zhu *et al.*, 2013).

Las múltiples actividades biológicas de las antocianinas han hecho que estos maíces sea objeto de estudio (Salinas *et al.*, 2012). En la tabla II se observa algunas razas de maíces que fueron analizadas.

Tabla II. Contenido de antocianinas en el grano de maíces pigmentados					
Raza de maíz	Color del grano	Estructura del grano analizada	Contenido de antocianinas mg/kg	Antocianina identifica	Referencias
Olotillo	Azul/morado	Grano sin germen	276.8	cianidina 3-glucósido	Salinas <i>et al.</i> , (2013)
Tepecintle	“ “	“ “”	512.6	Cianidina 3-glucósido	
Tuxpeño	“ “	“ “	216.8	cianidina 3-glucósido	
Chalqueño	“ “	“ “	579.4	-	
Bolita	“ “	“ “	304.1	Cianidina-3 glucósido	Urias <i>et al.</i> , (2015)

La identificación y caracterización de las antocianinas en los maíces de grano azul o azul/morado son poco estudiadas, debido a que se requieren equipos costosos, que a veces son inaccesibles por su manejo, como el HPLC-MS.

Existen razas de maíces nativas en México que necesitan ser estudiadas, para ampliar la información sobre sus variantes como la del grano azul/morado, e identificar su actividad nutraceutica para incluirla en la alimentación básica de los mexicanos, por su riqueza en antocianinas relacionadas estas en la prevención de enfermedades crónicas degenerativas no infecciosas.

BIBLIOGRAFÍA

Agama-Acevedo, E., A.P. Barba D. L. R., G. Mendez-Montealvo., and L.A. Bello-Perez. 2004. Physicochemical and biochemical characterization of starch granule isolated from pigmented maize hybrids. *Starch/Starke* 60: 433-441.

Agama-Acevedo, E., A.P. Barba D. L. R., G. Mendez-Montealvo., and L.A. Bello-Pérez. 2008. Physicochemical and biochemical characterization of starch granule isolated from pigmented maize hybrids. *Starch/Starke* 60: 433-441.

Agama-Acevedo, E., Y. Salinas-Moreno, G. Pacheco-Vargas, y L. A. Bello-Pérez. 2011. Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Rev. Mex. Ciencias Agríc.* 2:317-329.:

Billeb de Sinibaldi AC, Bressani R (2001) Características de cocción de once variedades de maíz. *Arch. Latinoam. Nutr.* 51: 86-94.

CONABIO. 2011. Base de datos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Octubre de 2010. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F.

Cui L, G Rongqi, D Shuting, J Zhang, L Peng, H Zhang, J Meng, D Shi (2012) Effects of ear shading on the anthocyanin contents and quality of kernels in various genotypes of maize. *Aust. J. Crop Sci.* 4:704-710.

- Escribano-Bailón, M. T., C. Santos-Buelga., and J. C. RivasGonzalo. 2004. Anthocyanins in cereals. *J. Chromatogr. A*. 1054: 128-141.
- Hernández-Uribe- J. P., E. Agama-Acevedo, J. J. Islas-Hernández, J. Tovar, and L.A. Bello-Pérez. 2007. Chemical composition and in vitro starch digestibility of pigmented corn tortilla. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2482-2487.
- Lopez-Martinez, L. X., R. M. Oliart-Ros, G. Valerio-Alfaro, L. Chen-Hsien, K. L. Parkin, H. S. Garcia. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Sci. Tech.* 42.
- Mendoza-Díaz, S., M. C. Ortiz-Valerio, E. Castaño-Tostado, J. D. Figueroa- Cárdenas, R. Reynoso-Camacho, M. Ramos-Gómez, R. Cam pos-Vega, and G. F. Loarca-Piña. 2012. An-oxidant capacity and antimutagenic activity of anthocyanin and carotenoid extracts from nixtamalized pigmented creole maize races (*Zea mays* L.). *Plant Food Hum. Nutr.* 67:442.
- Mora-Rochin, S., J. A. Gutiérrez-Uribe, S. O. Serna-Saldivar, P. Sánchez-Peña, C. Reyes-Moreno, and J. Milán-Carrillo. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *J. Cereal Sci.* 52: 502.
- Mora-Rochin, S., J. A. Gutiérrez-Uribe, S. O. Serna-Saldivar, P. Sánchez-Peña, C. Reyes-Moreno, and J. Milán-Carrillo. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *J. Cereal Sci.* 52: 502- 508
- Salinas, M. Y., J. Soria R., y E. T. Espinosa. 2010. Aprovechamiento y distribución de maíz azul en el Estado de México. Folleto Técnico 42. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA, INIFAP. pp: 50.
- Salinas Moreno, Yolanda, García Salinas, Carolina, Coutiño Estrada, Bulmaro, & Vidal Martínez, Víctor A.(2013). Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(Supl. 3-a), 285-294
- Salinas-Moreno Y, J Pérez-Alonso, G Vázquez-Carrillo, F Aragón- Cuevas, G A Velázquez-Cardelas (2012) Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas Chalqueño, Elotes Cónicos y Bolita. *Agrociencia* 47:815-825.
- Sánchez J J, M M Goodman, C W Stuber (2000) Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54:43-59.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Estadística Básica Agrícola, Anuario 2018. www.siap.gob.mx (Consulta: agosto 2018)
- Vázquez-Carrillo, M.G., Aparicio-Eusebio, L.A., Salinas-Moreno, Y. et al. *Plant Foods Hum Nutr* (2018) 73: 321.
- Urias-Lugo. D. A., J. B. Heredia, M. D. Muy-Rangel, J. B. Valdez-Torres, S. O. Serna-Saldivar, and J.A. Gutierrez-Uribe.2015. Anthocyanins and phenolic acids of hybrid and nativeblue maize (*Zea mays* L.) extracts and their antiproliferative activity in mammary (MCF7), liver (HepG2), colon (Caco2and HT29) and prostate (PC3) Cancer Cells. *PlantFoodsHum. Nutr.* 70:193-199.
- Zhu Y, W Ling, H Guo, F Song, Q Ye, T Zou, D Li, Y Zhang, G Li, Y Xiao, F Liu, Z Li, Z Shi, Y Zhang (2013) Anti-inflammatory effect of purified dietary anthocyanins in adult with hypercholesterolemia: A randomized controlled trial. *Nutr. Metab. Cardiovas.* 23:842-8