

## Extracción total de las antocianinas del maíz azul tzirantza y de sus productos nixtamalizados

GARCIA, Liliana\*†, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro

*Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo*

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

### Resumen

Objetivo: Extracción total de antocianinas del maíz y de los productos nixtamalizados del maíz azul tzirantza

Estructuralmente, el grano de maíz está formado de cuatro partes principales: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo. En México se cultivan las siguientes variedades: blanco y amarillo o forrajero y pigmentado. El maíz blanco y pigmentado son exclusivos para alimentación humana. De las tonalidades de los granos del maíz son producidas por pigmentos, el color rojo cereza, el azul y negro-púrpura, con sus tonalidades intermedias, son producidos por las antocianinas, que son compuestos flavonoides, un subgrupo importante de los compuestos fenólicos, se encuentran principalmente en la capa aleurona y pericarpio en el grano de maíz. Para la extracción se implementó el método de Fuleki, T. y F.J. Francis modificado y Salinas Moreno modificado, obteniendo rendimientos mayores con la metodología modificada de Fuleki, T. y F.J. Francis de gramos de antocianinas por L de solvente, tanto para el maíz como para los productos nixtamalizados.

**Antocianinas, maíz, nixtamalización**

### Abstract

Objective: total extraction of anthocyanins corn and blue corn products nixtamalized tzirantza

Structurally, the corn kernel consists of four main parts: pericarp, endosperm, germ and pedicel. White and yellow pigmented or feed: in Mexico the following varieties are grown. Pigmented white corn for human consumption are unique. Hues of corn grains are produced by pigments, red black-purple, with intermediate shades cherry, blue and are produced by anthocyanins, which are flavonoid compounds, an important subgroup of phenolic compounds, They found mainly in the aleurone and pericarp layer in the kernel of corn. For the extraction method Fuleki, T. and implemented FJ Francis changed and changed Salinas Moreno, obtaining higher yields with the modified methodology Fuleki, T. FJ Francis grams of anthocyanins per liter of solvent, both the corn for nixtamalized products.

**Anthocyanins, maize, nixtamalización**

**Citación:** GARCIA, Liliana, YAHUACA, Berenice, CORTEZ, Consuelo y VÁZQUEZ, Pedro. Extracción total de las antocianinas del maíz azul tzirantza y de sus productos nixtamalizados. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 595-600

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: qfbliili.garcia@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

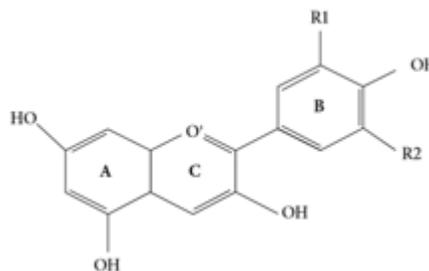
## Introducción

México es el cuarto productor de maíz en el mundo con un 3 % de la producción total. Estructuralmente, el grano de maíz está formado de cuatro partes principales: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo. El peso total del grano corresponde a un 5 % de pericarpio, 83 % de endospermo (con un alto porcentaje de almidón), 11 % de germen, donde se concentra la grasa cruda (33 %) (FAO, 1993).

En México se cultivan las siguientes variedades: blanco y amarillo o forrajero y pigmentado. El maíz blanco y pigmentado son exclusivos para alimentación humana, en virtud de su alto contenido nutricional; en tanto que el maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y a la alimentación animal (Campo Mexicano, 2011).

## Antocianinas

Las antocianinas pertenecen a los flavonoides, un subgrupo importante de los CF, y son pigmentos ampliamente distribuidos en las plantas. La forma aglicona de las antocianinas o antocianidina, posee una estructura basada en el ion flavilio o 2-fenilbenzopirilium, que presenta grupos hidroxilo y metoxilo en diferentes posiciones. Consta de un esqueleto carbonado en forma C-6 (anillo A)- C-3 (anillo B)- C-6 (anillo C), cuya estructura forma un anillo cromano unido a un segundo anillo aromático (B) en la posición dos (Horbowicz et al., 2008). El tipo de antocianidina formado depende del grado o nivel de hidroxilación o metoxilación del anillo (B) de la molécula (Garzón, 2008).



**Figura 1** Estructura general de las antocianinas

Los precursores de las antocianinas son bien conocidos, se ha establecido experimentalmente que al anillo A de las antocianinas se sintetiza por la ruta del ácido malónico con la condensación de tres moléculas de malonil-CoA, mientras que el anillo B se sintetiza por la ruta de ácido shikímico. (Springob 2003).

El interés en los pigmentos como las antocianinas es reciente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas (Miyazawa et al., 1999) y ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo.

Los efectos terapéuticos de las antocianinas están relacionados con su actividad antioxidante. Wang y Jiao (2000) y Wang y Lin (2000) han demostrado que frutos ricos en antocianinas evidencian una alta actividad antioxidante contra el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y contra radicales peróxido (ROO.), superóxido (O<sub>2</sub>.-), hidroxilo (.OH) y oxígeno singulete (1O<sub>2</sub>).

## Nixtamalización

La nixtamalización se basa en el cocimiento de los granos de maíz (1 Kg) en agua (2-3 litros) con álcali, preferentemente  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (1-2 % p/p) durante 10-40 min a 85-100 °C. El grano se deja reposar entre 8-24 h en la solución de cocción (nejayote), posteriormente se lava de 2 a 4 veces con agua para eliminar el nejayote. El nixtamal es molido en un molino de piedras para obtener masa, el proceso de molienda requiere, para llevarse a cabo con buen término, la adición de agua llegando a tener la masa de 48 a 55 % de humedad (Ruiz-Gutiérrez y col., 2010; Valderrama-Bravo y col., 2010; Nogueira-Terrones y col., 2004; Sefa-Dedeh y col., 2004; y Paredes-López y col., 2009).

La nixtamalización reduce significativamente el contenido de antocianinas en los maíces pigmentados, pérdida que se debe a que gran cantidad de estos compuestos se solubilizan en el agua de cocción con pH elevado y temperatura extrema, lo que degrada a los compuestos. Además, otras estructuras químicas derivadas de los polifenoles son afectadas por el rompimiento de enlaces éster, y como consecuencia se liberan los fenoles a la solución de cocimiento. La mayor parte de estos compuestos se encuentran en el pericarpio del grano, y son eliminados durante el lavado del nixtamal (De la Parra et al., 2007), por tanto es necesario medir el contenido de antocianinas en los productos nixtamalizados.

## Metodología

### Material biológico

### Maíz azul tzirantza, de la región de Paracho, Michoacán

La extracción total de antocianinas se realizó siguiendo el método de Fuleki, T. y F.J. Francis modificado y Salinas Moreno.

Se utilizó la extracción con 0.05g de muestra con extracciones 1 ml de solvente, 3 min en vortex y 10 min se centrifugación a 7000rpm para cada extracción, haciendo diferentes números de extracción hasta extracción completa del pigmento. Se determinaron las absorbancias en un espectrofotómetro a 535 nm correspondiente a la cianidina, siendo esta la encontrada en mayor concentración en el maíz. Se buscó adaptar una metodología para la mayor extracción de antocianinas totales, con forme al tamaño de muestra, solvente, mililitros de solvente por extracción, números de extracciones, tiempo de reposo, temperatura y tiempo de agitación.

## Resultados

### Maíz

En la extracción de antocianinas totales se siguieron dos metodologías el método modificado Fuleki, T. y F.J. Francis (1968) usando como solvente MOH/HCl 99:1 y MOH/HCl/H<sub>2</sub>O 2:1 y el método modificado de Salinas Moreno (2003) como solvente MOH/H. Ac/H<sub>2</sub>O 2:1

| q*  | Alpha |           |                          |                            |
|---|-------|-----------|--------------------------|----------------------------|
| 2,59747   | 0,05  |           |                          |                            |
| Abs(Dif)-LSD  |       |           |                          |                            |
|   |       | MOH/HCl   | MOH/HCl/H <sub>2</sub> O | MOH/H. Ac/H <sub>2</sub> O |
| MOH/HCl   |       | -2,9633   | -3,0884                  | 0,4248                     |
| MOH/HCl/H <sub>2</sub> O  |       | -3,0884   | -3,6293                  | -0,0541                    |
| MOH/H. Ac/H <sub>2</sub> O  |       | 0,4248    | -0,0541                  | -5,1327                    |
| Positive values show pairs of means that are significantly different. |       |           |                          |                            |
| Level   |       | Mean      |                          |                            |
| MOH/HCl   | A     | 9,8853000 |                          |                            |
| MOH/HCl/H <sub>2</sub> O  | A B   | 9,6605833 |                          |                            |
| MOH/H. Ac/H <sub>2</sub> O  | B     | 5,2697000 |                          |                            |

**Tabla 1** Tukey de la extracción total de antocianinas en el maíz

| Analysis of Variance |    |                |             |         |          |
|----------------------|----|----------------|-------------|---------|----------|
| Source               | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Ratio | Prob > F |
| SOLVENTE             | 2  | 51,38699       | 25,6935     | 4,3868  | 0,0316*  |
| Error                | 15 | 87,85502       | 5,8570      |         |          |
| C. Total             | 17 | 139,24202      |             |         |          |

**Tabla 2** ANOVA de la extracción total de antocianinas en el maíz

Se realizó un anova y una prueba de tukey para los datos obtenidos usando los tres diferentes solventes MOH/HCl, MOH/HCl/H<sub>2</sub>O y MOH/H. Ac/H<sub>2</sub>O de cuales el MOH/HCl tiene una mejor extracción.

### Productos nixtamalizados

En la extracción de antocianinas totales se siguieron dos metodologías el método modificado Fuleki, T. y F.J. Francis (1968) usando como solvente MOH/HCl 99:1 y MOH/HCl/H<sub>2</sub>O 2:1 y el método modificado de Salinas Moreno (2003) como solvente MOH/H. Ac/H<sub>2</sub>O 2:1. Se realizó la extracción a diferentes condiciones

| Source   | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Ratio | Prob > F | Rsquare                    | 0,825784 |
|----------|----|----------------|-------------|---------|----------|----------------------------|----------|
| Column 1 | 12 | 42,046705      | 3,50406     | 8,6900  | <,0001*  | Adj Rsquare                | 0,730757 |
| Error    | 22 | 8,871038       | 0,40323     |         |          | Root Mean Square Error     | 0,635003 |
| C. Total | 34 | 50,919743      |             |         |          | Mean of Response           | 3,907486 |
|          |    |                |             |         |          | Observations (or Sum Wgts) | 35       |

**Tabla 3** ANOVA de la extracción total de antocianinas en los productos nixtamalizados

| Level   |         | Mean      |
|---|---------|-----------|
| harina-0,05-MOH/HCl-1-4-0-25-3                    | A       | 6,1830333 |
| harina-0,05-MOH/HCl/H <sub>2</sub> O-1-4-24-4-12  | A B     | 5,4055667 |
| harina-0,05-MOH/HCl-1-3-24-4-9                    | A B C   | 4,8790667 |
| tortilla-0,05-MOH/HCl-1-4-0-25-3                  | A B C D | 4,5051667 |
| tortilla-0,05-MOH/HCl-1-3-24-4-9                  | B C D   | 4,0242667 |
| harina0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180                     | B C D   | 3,6497000 |
| masa-0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180                      | C D     | 3,3375333 |
| harina-0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180                    | B C D   | 3,3375000 |
| masa-0,05-MOH/HCl-1-4-0-25-3                      | C D     | 3,3039333 |
| tortilla-0,1-MOH/HCl-5-1-0-4-180                  | C D     | 3,0654000 |
| masa-0,05-MOH/HCl-1-3-24-4-9                      | C D     | 3,0350000 |
| masa-0,05-MOH/HCl/H <sub>2</sub> O-1-3-24-4-9     | D       | 2,7036333 |
| tortilla-0,05-MOH/HCl/H <sub>2</sub> O-1-3-24-4-9 | D       | 2,3986500 |

**Tabla 4** Tukey de la extracción total de antocianinas en los productos nixtamalizados

Se realizó un anova y una prueba de t de tukey de los cuales se obtuvieron la mejor extracción para la harina nixtamalizada con 0.05g de muestra, solvente, 1 ml de solvente, 4 extracciones, sin tiempo de reposo a 25°C, con agitación vortex de 3 min, para tortilla con 0.05g de muestra, 1 de solvente, 4 extracciones, sin reposo a 25°C, con agitación vortex de 3 min y para masa 0.1g de muestra, 5 ml de solvente, una extracción, sin reposo a 25°C con agitación mecánica de 180 min.

### Agradecimientos

Mis más sentidos agradecimientos a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y CONACYT por darme la oportunidad de realizar esta investigación

### Conclusiones

Con los resultados anteriores se puede concluir que tanto para el maíz como para los productos nixtamalizados el mejor solvente para la extracción de antocianinas es el MOH/HCl, aunque si varían las condiciones de extracción entre el maíz y sus productos nixtamalizados esto debido al proceso que han sido sometido la masa, la harina y la tortillas.

### Referencias

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Ed. by Association of the Official Analytical Chemistry. Arlington, USA

Campo Mexicano, 2011. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996 – 2012. Consulta: noviembre 2011.

[http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_sia\\_p/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_sia_p/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf)

Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J., 2009. Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 59(4):425-432.

FAO, 1993. El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25) <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.htm#Contents> ISBN 92-5-303013-5. Consulta: diciembre 2011

Fernández-Muñoz J.L., Rodríguez M.E., Pless R.C., Martínez-Flores H.E., Leal M., Martínez J.L., and Bolaños L., 2002. Changes in Nixtamalized Corn Flour Dependent on Postcooking Steeping Time. *Cereal Chemistry*, 79(1):162-166.

Flores-Farías R., Martínez-Bustos F., Salinas-Moreno Y., Ríos E., 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36:557-567.

García-Méndez S., 2004. Estudio nutricional comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento. Tesis Maestría en Ciencias en Tecnología Avanzada. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN; Querétaro, México.

Gómez Mh, McDonough CM, Rooney LW, Waniska RD. 1989. Changes in corn and sorghum during nixtamalization and tortilla baking. *Journal of Food Science*, 54:330-336.

González-Rojas K., García-Salazar J.A., Matus-Gardea J.A., Martínez-Saldaña T., 2011. Vulnerabilidad del mercado nacional de maíz (*Zea mays* L.) ante cambios exógenos internacionales. *Agrociencia*, 45:733-744.

JoeMin L., Dong-Hawn K., Pahn-Shick Ch., JaeHwan L., 2007. Headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) analysis of oxidized volatiles from free fatty acids (FFA) and application for measuring hydrogen donating antioxidant activity. *Food Chemistry*, 105:414-420.

Laria J., Meza E., Peña J.L., 2007. Water and calcium uptake by corn kernel during alkaline treatment with different temperature profiles. *Journal of Food Engineering*, 78:288-295

Martínez-Bustos, F, Martínez-Flores, HE, Sanmartín-Martínez, E, Sánchez-Sinencio, F, Chang YK, Barrera-Arellano, D, Rios, E. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalization process. *Journal of Science. Food Agriculture*, 81:1455-1462.

Martínez-Flores H.E., Martínez-Bustos, F., Figueroa, J.D.C., Gonzalez-Hernandez, J. 2002. Nutritional studies and biological assays in corn tortillas made from fresh masa prepared by extrusion and nixtamalization processes. *Journal of Food Science*, 67:1196-1199.

NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano –cereales- parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado – Especificaciones y métodos de prueba.

Palacios-Fonseca A.J., Vázquez-Ramos C., Rodríguez-García M.E., 2009. Physicochemical characterizing of industrial and traditional nixtamalized corn flours. *Journal of Food Engineering*, 93:45-51.

Ramírez-Wong B., y Ortega F., 1994. Evaluación de las propiedades reológicas y texturales de masa y tortilla de maíz comercial. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 2(1):1-8.

Rodríguez-García M.E., Serna-Saldívar S.O., Sánchez-Sinencio F., 2008. Nixtamalización, del maíz a la tortilla. Aspectos nutrimentales y toxicológicos. Editorial Universidad Autónoma de Querétaro. México.

Seeran, N. 2008. Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol rich beverages in the United States. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 56(4):1415-1422

Su, M. y Chien, P. 2007. Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of blue corn (*Zea Mays L.*). *Food Chemistry*. 104:181-187

White, P. 2007. High amylose corn exhibits better antioxidant activity than typical and waxy genotypes; *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 55:291-298