

Fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz (*Zea mays*)

V.L. Quintanilla-Rosales¹, K. Galindo-Luna¹, F. Zavala-García¹, J.A. Pedroza-Flores¹, J.B. Heredia², V. Urías-Orona³, M.D. Muy-Rangel² y G. Niño-Medina^{1,*}

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Química y Bioquímica, Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda, El Canadá, C.P. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C., Coordinación Culiacán, Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Alimentos Funcionales y Nutraceuticos, Carretera Culiacán a El Dorado, km 5.5, C.P. 80110, Culiacán, Sinaloa, México

³ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Salud Pública y Nutrición, Laboratorio de Química de Alimentos, Av. Dr. Eduardo Aguirre Pequeño y Yuriria, C.P. 64460, Col. Mitras Centro, Monterrey, Nuevo León, México

Resumen

Se evaluó el contenido de compuestos fenólicos solubles de tipo flavonoide en términos de flavonoides totales ($\text{AlCl}_3\text{-NaNO}_2\text{-NaOH}$), taninos condensados (vainillina- H_2SO_4) y antocianinas totales (absorbancia del extracto a 535 nm, pH=1). Además se evaluó también la capacidad antioxidante basada en la reducción de la absorbancia de los radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (ácido-2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfónico) en cinco genotipos criollos pigmentados de maíz: Ejido La Soledad Arramberri (ELSA), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ), La Siberia Zaragoza (LSZ), Morado Oaxaca (MO) y Tepozanes II (TZII). El contenido de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas totales fueron de 5709 a 7418 miligramos equivalentes catequina por kilogramo (mgECat/kg), de 798 a 1322 mgECat/kg y de 338 a 513 miligramos equivalentes cianidina-3-glucósido por kilogramo (mgEC3G/kg), respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante, en términos de equivalentes Trolox los niveles fueron de 23,00 a 27,88 milimoles equivalentes Trolox por kilogramo (mmolET/kg) y de 14,97 a 18,12 mmolET/kg en DPPH y ABTS respectivamente, mientras que en términos de porcentaje de inhibición los niveles fueron de 17,44 a 21,31 por ciento de inhibición (%Inh) y de 22,97 a 27,22 %Inh en los ensayos DPPH y ABTS respectivamente. El genotipo TZII presentó los niveles más altos en las evaluaciones de flavonoides totales y capacidad antioxidante DPPH y ABTS, mientras que los genotipos ELSA y MO presentaron el mayor contenido de taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente.

Palabras clave: Flavonoides totales, taninos condensados, antocianinas totales, DPPH, ABTS, *Zea mays*.

* Autor para correspondencia: guillermo.ninomd@uanl.edu.mx

<http://doi.org/10.12706/itea.2017.020>

Abstract

Flavonoid type soluble phenolics and antioxidant capacity in creole pigmented maize (*Zea mays*) genotypes

The content of flavonoid type soluble phenolic compounds in terms of total flavonoids ($\text{AlCl}_3\text{-NaNO}_2\text{-NaOH}$), condensed tannins (vanillin- H_2SO_4) and total anthocyanins (extract absorbance at 535 nm, $\text{pH}=1$) was evaluated. In addition the antioxidant capacity was also evaluated based on the absorbance reduction of the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) reagents in five creole pigmented maize genotypes: Ejido La Soledad Arramberry (ELSA), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ), La Siberia Zaragoza (LSZ), Morado Oaxaca (MO) y Tepozanes II (TZII). The content of total flavonoids, condensed tannins and total anthocyanins ranged from 5709 to 7418 milligrams catechins equivalents per kilogram (mgCatE/kg), from 798 to 1322 mgCatE/kg and from 338 to 513 milligrams cyaniding-3-glucoside per kilogram (mgC3GE/kg), respectively. Regarding to the antioxidant capacity, in terms of Trolox equivalents levels were from 23.00 to 27.88 millimoles Trolox equivalents per kilogram (mmolTE/kg) and 14.97 to 18.12 mmolTE/kg in DPPH and ABTS respectively, while in terms of inhibition percentage levels were from 17.44 to 21.31 percentage inhibition (%Inh) and from 22.97 to 27.22 %Inh in DPPH y ABTS respectively. Genotype TZII showed the highest levels in the total flavonoids and DPPH and ABTS antioxidant capacity, while ELSA and MO genotypes showed the highest levels of condensed tannins and total anthocyanins, respectively.

Keywords: Total flavonoids, condensed tannins, total anthocyanins, DPPH, ABTS, *Zea mays*.

Introducción

México es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays*), por lo que este cultivo es importante en la alimentación, sociedad, cultura y economía de este país. De acuerdo con la clasificación más reciente basada en las características morfológicas e isoenzimáticas, en México existen entre 41 a 65 razas de maíz de entre las 220 a 300 razas existentes en el continente americano (Kato *et al.*, 2009). Entre las razas de maíz descritas en México se encuentran genotipos criollos que presentan granos pigmentados de los colores amarillo, negro, morado, azul, rojo y naranja, atribuyendo a estos genotipos propiedades nutraceuticas debido a su contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante (Escalante-Aburto *et al.*, 2013). Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios producidos por las plantas como defensa contra la radiación ultravioleta y el ataque de patógenos. Se clasifican principalmente en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos de

acuerdo al número de anillos fenólicos que contienen y los grupos químicos unidos a estos anillos (Manach *et al.*, 2004). Los flavonoides son los compuestos fenólicos más abundantes en la dieta humana y estos a su vez se clasifican en flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavanonas, antocianinas y flavanoles (taninos condensados) (Scalbert y Williamson, 2000). Los genotipos pigmentados de maíz son ricos en compuestos flavonoides y de manera particular contienen altos niveles de antocianinas (Serna-Saldívar *et al.*, 2013; Escalante-Aburto *et al.*, 2013), las cuales dan la coloración característica a estos genotipos y tienen propiedades benéficas para la salud humana (Bello-Pérez *et al.*, 2016). En México, existe una gran diversidad de maíces criollos incluyendo una gran cantidad de genotipos pigmentados que generalmente son producidos para autoconsumo en las comunidades rurales por lo que se conoce poco acerca de sus propiedades nutraceuticas. Sin embargo, Urias-Lugo *et al.* (2015) sugiere que los niveles de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los genotipos criollos pig-

mentados son similares a los niveles de los genotipos híbridos comerciales. El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de compuestos fenólicos de tipo flavonoide en términos de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas, y su capacidad antioxidante por los métodos DPPH y ABTS en grano de cinco genotipos criollos pigmentados de maíz del Sur de Nuevo León, México. La información generada en el presente estudio puede ser la base de selección de genotipos criollos que puedan posteriormente ser utilizados en mejoramiento genético para aumentar calidad nutracéutica.

Material y métodos

Material vegetal

Los genotipos pigmentados de maíz Ejido La Soledad Arramberri (ELSA) (24°00 21,0 N, 100°02 52,5 W), Ejido Refugio Zaragoza (ERZ) (23°52 18,7 N, 99°42 11,3 W), La Siberia Zaragoza (LSZ) (23°51 29,6 N, 99°50 29,2 W), Morado Oaxaca (MO) (24°19 02,7 N, 99°56 36,6 W) y Tepozanes II (TZII) (23°54 59,6 N, 99°42 58,8 W) utilizados en el presente estudio fueron colectados con campesinos de localidades rurales del Sur del estado de Nuevo León, México, entre los meses Enero-Febrero del año 2016. El grano de cada genotipo fue separado de la mazorca de forma manual, molido, tamizado a un tamaño de partícula de 0,5 mm (malla 35) y almacenado a -20 °C. Las características del grano y la harina obtenida de cada genotipo se muestran en la Tabla 1.

Extracción y cuantificación de flavonoides totales y taninos condensados


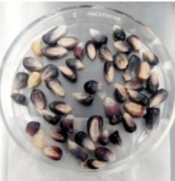
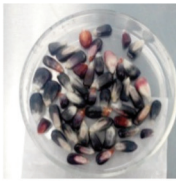




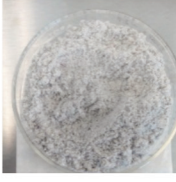


La extracción y cuantificación de flavonoides totales y taninos condensados se llevó a cabo siguiendo la metodología de López-Contreras *et al.* (2015) con modificaciones. Se suspendieron 100 mg de muestra en 3 mL de

metanol al 80%, la muestra se purgó con flujo de argón durante 30 s y se agitó orbitalmente durante 2 h a 200 rpm. Enseguida la muestra fue centrifugada a 4650 g, el sobrenadante fue recuperado y almacenado a -20 °C hasta la evaluación de flavonoides totales y taninos condensados. La determinación de flavonoides totales se realizó en base a la reacción del complejo $AlCl_3-NaNO_2-NaOH$. Se tomaron 0,1 mL del extracto, se adicionaron 1,75 mL de agua destilada, seguidos por 0,075 mL de $NaNO_2$ al 5%, 0,075 mL de $AlCl_3$ al 10% y 0,5 mL de $NaOH$ 1M, en intervalos de 5 min cada uno. La reacción se llevó a cabo durante 15 min y la absorbancia de las muestras se midió a 510 nm. La determinación de taninos condensados se efectuó por medio de la reacción del complejo vainillina- H_2SO_4 . Se tomaron 0,25 mL del extracto, se adicionaron 0,65 mL de vainillina al 1%, seguidos de 0,65 mL de H_2SO_4 al 25% (vainillina y H_2SO_4 fueron disueltos en metanol). La reacción se llevó a cabo durante 15 min a 30 °C y la absorbancia de las muestras se midió a 500 nm. El contenido de flavonoides totales y taninos condensados fue reportado en miligramos equivalentes de catequina por kilogramo de muestra (mgECat/kg) basados en curvas de calibración establecidas con catequina de 0 a 200 mg/L en ambos casos.

Extracción y cuantificación de antocianinas totales

La extracción y cuantificación de antocianinas totales se realizó de acuerdo a lo establecido por Abdel-Aal y Hucl (1999) con modificaciones. Para la extracción de antocianinas se suspendieron 500 mg en 10 mL de etanol-HCl (85:15 v/v, pH = 1) a 4 °C y se agitaron a 200 rpm durante 30 min. Enseguida las muestras fueron centrifugadas a 4650 g, durante 15 min, el sobrenadante fue recuperado, colocado en un matraz de 25 mL y aforado con la solución de etanol acidificada. Finalmente, se tomaron 1,5 mL de la muestra y se midió la absorban-

Tabla 1. Características del grano y la harina obtenidos de los genotipos de maíz analizados
 Table 1. Characteristics of grain and flour obtained from the analyzed maize genotypes

	ELSA Morado Purple	ERZ Morado Purple	LSZ Morado-Rojo Purple-Red	MO Morado Purple	TZII Morado-Rojo Purple-Red
Grano					
Harina					

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

cia a 535 nm. El contenido de antocianinas totales fue reportado en miligramos equivalentes de cianidina-3-glucósido por kilogramo de muestra (mgEC3G/kg) utilizando la siguiente fórmula: $C = (A/\epsilon) * (\text{Vol.}/1000) * \text{PM} * (1/\text{peso de muestra}) * 10^6$, donde: C = concentración en mgEC3G/kg, A = absorbancia de la muestra, ϵ = absortividad molar (mgEC3G = 26965 l/cm 1/mol), Vol. = volumen total del extracto, PM = peso molecular de mgEC3G (449,2 g/mol).

Capacidad antioxidante

La evaluación de capacidad antioxidante se realizó mediante la reducción de la absorbancia de los radicales DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (2,2-azino-bis/3-etil-benothiazolina-6-ácido sulfónico) en presencia del extracto de acuerdo a lo establecido por López-Contreras et al. (2015). Para la evaluación de la capacidad antioxidante DPPH, se preparó una solución de trabajo 60 μM de

DPPH en metanol al 80% con una absorbancia de 0,85 a una longitud de onda de 517 nm. El ensayo se realizó mezclando 0,1 mL del extracto con 1,65 mL de la solución de trabajo DPPH, se dejó la reacción durante 30 min y finalmente se tomó la absorbancia de la muestra. Para la evaluación de la capacidad antioxidante ABTS, se preparó una solución de trabajo mezclando 1 mL de ABTS 7,4 mM y 1 mL de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (ambos en metanol al 80%) y se dejó reaccionar durante 12 h, enseguida se ajustó la absorbancia de la solución de trabajo ABTS a 0,85 diluyendo con metanol al 80% a una longitud de onda de 734 nm. El ensayo se realizó mezclando 0,1 mL del extracto con 1,65 mL de la solución de trabajo ABTS, se dejó la reacción durante 30 min y finalmente se tomó la absorbancia de la muestra. La capacidad antioxidante fue reportada en milimoles equivalentes de Trolox por kilogramo de muestra (mmolET/kg) basados en curvas de calibración establecidas con Trolox de 0 a 0,5 mmolET/L y además en porcentaje de inhibi-

ción del radical utilizando la siguiente fórmula: %Inh = [(AI/AF)/AI]*100, donde: AI = Absorbancia Inicial del radical, AF = Absorbancia Final del radical.

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados como la media ± desviación estándar de tres muestras. La diferencia estadística significativa entre muestras fue evaluada por medio de un análisis de varianza (ANOVA) seguida de una prueba de Tukey utilizando el paquete estadístico Minitab14,0. Un nivel de probabilidad de 5% (p<0,05) fue establecido como diferencia estadística significativa.

Resultados y discusión

El contenido de flavonoides totales fue de 5709 a 7418 mgECat/kg, mientras que los taninos condensados de 798 a 1322 mgECat/kg y las antocianinas totales de 338 a 513 mg C3G/kg. Los genotipos TZII y MO mostraron los mayores niveles de flavonoides totales, ELSA los mayores niveles de taninos condensados y MO los mayores niveles de antocianinas, mientras que ELSA, LSZ y ERZ obtuvieron los niveles más bajos de flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente, encontrando diferencias estadísticas significativas (p<0,05) en todas las evaluaciones (Figura 1). Los genotipos de ma-

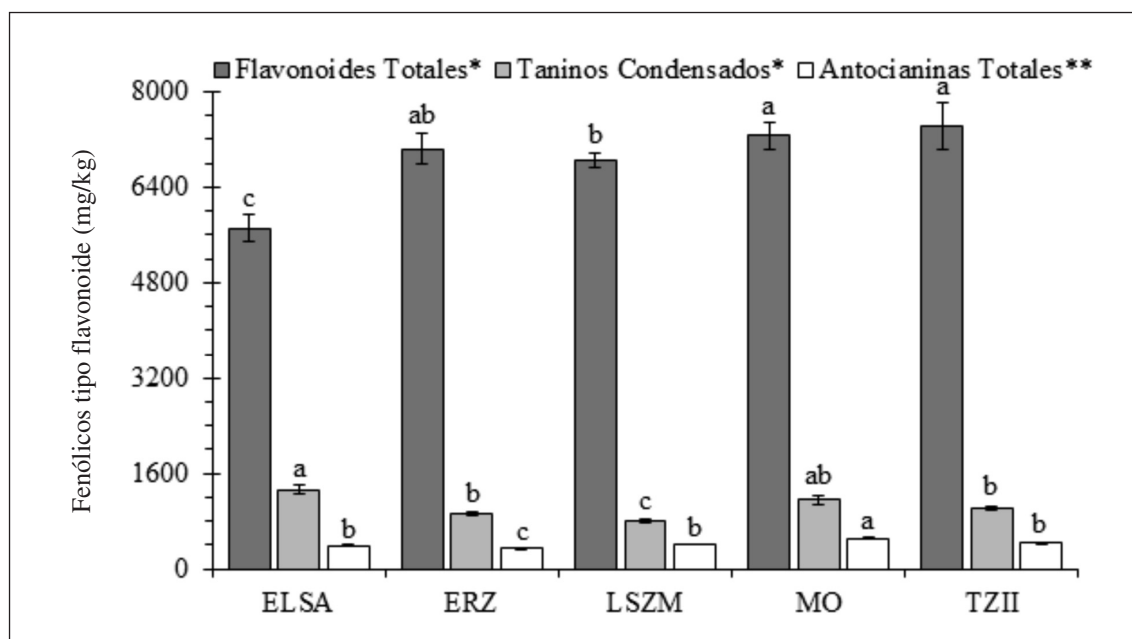


Figura 1. Fenólicos solubles de tipo flavonoide en genotipos criollos pigmentados de maíz. *mgECat/kg, **mgEC3G/kg.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II. Diferentes letras en la misma evaluación indican diferencia estadística significativa (p<0,05).

Figure 1. Flavonoid type soluble phenolics in creole pigmented maize genotypes. *mgCatE/kg, **mgC3GE/kg.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II. Different letters within the same evaluation are significantly different (p<0.05).

yor contenido fueron 1,29, 1,65 y 1,51 veces más altos que los de menor contenido en flavonoides totales, taninos condensados y antocianinas, respectivamente.

En cuanto a la composición porcentual de los compuestos tipo flavonoide, las antocianinas representaron la menor proporción en

todos los genotipos con valores de 4,80 (ERZ) a 7,07 (MO) %, mientras que el porcentaje de taninos condensados fue de 11,64 (LSZ) a 23,16 (ELSA) % y la mayor proporción de estos compuestos estuvo representada por otros flavonoides con valores de 70,06 (ELSA) a 82,37 (LSZ) % (Figura 2).

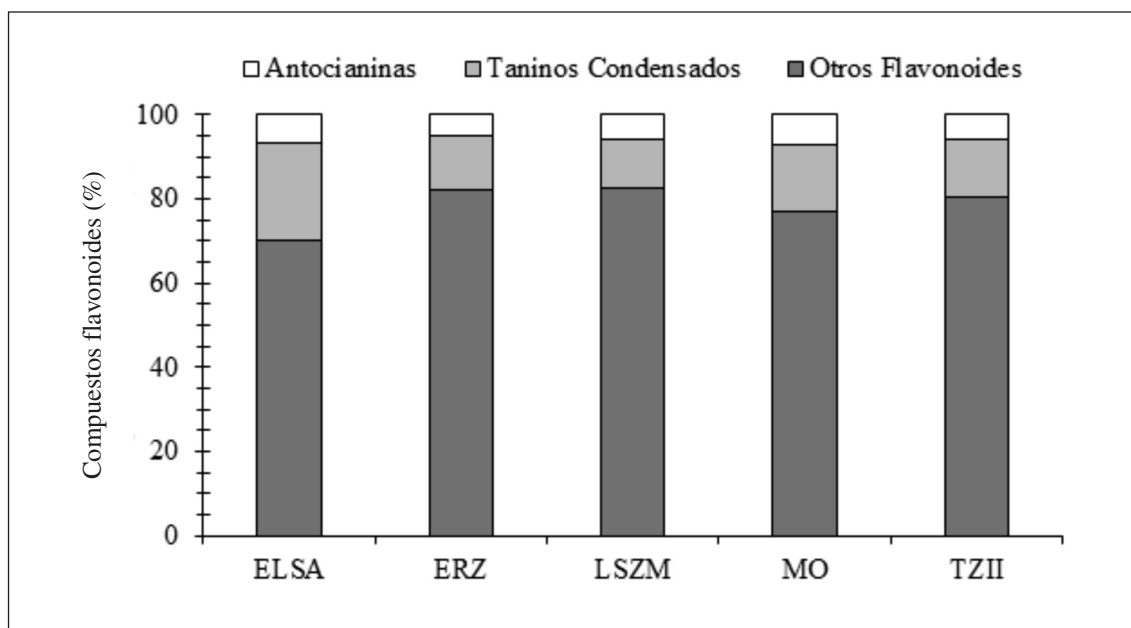


Figura 2. Porcentaje de fenólicos solubles tipo flavonoide en genotipos criollos pigmentados de maíz.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

Figure 2. Percentage of flavonoid type soluble phenolics in creole pigmented maize genotypes.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

En referencia a la capacidad antioxidante, en términos de equivalentes Trolox los niveles fueron de 23,00 a 27,88 mmoLET/kg y de 14,97 a 18,12 mmoLET/kg en DPPH y ABTS respectivamente, mientras que en términos de porcentaje de inhibición los niveles fueron de 17,44 a 21,31 %Inh y de 22,97 a 27,22 %Inh en los ensayos DPPH y ABTS respectivamente, siendo los genotipos TZII y ERZ los

que presentaron el de mayor y el menor nivel de capacidad antioxidante en todos los ensayos (Figura 3).

Otros autores han evaluado el contenido de compuestos fenólicos de tipo flavonoide y su capacidad antioxidante en genotipos de maíz de diferentes pigmentaciones con diferentes orígenes geográficos.

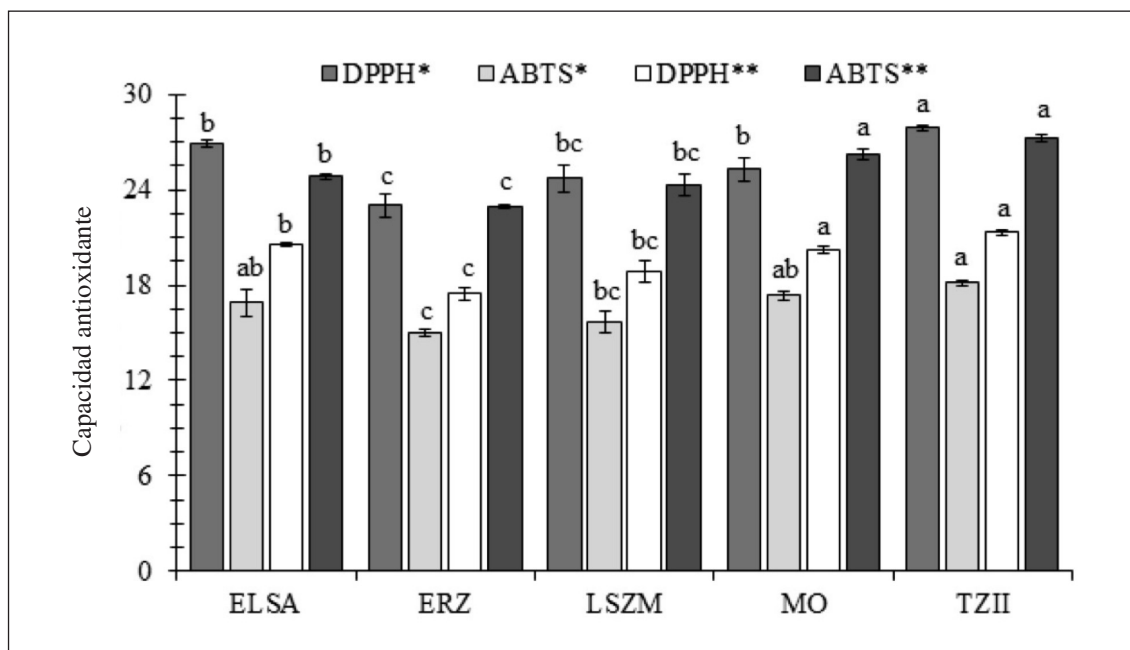


Figura 3. Capacidad antioxidante en genotipos criollos pigmentados de maíz.
*mmolET/kg, **%Inh.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

Diferentes letras en la misma evaluación indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Figure 3. Antioxidant capacity in creole pigmented maize genotypes.
*mmolTE/kg, **%Inh.

ELSA = Ejido La Soledad Arramberri, ERZ = Ejido Refugio Zaragoza, LSZ = La Siberia Zaragoza, MO = Morado Oaxaca, TZII = Tepozanes II.

Different letters within the same evaluation are significantly different ($p < 0.05$).

Diversos trabajos reportan la evaluación de flavonoides totales en genotipos de maíz pigmentado. En experimentos realizados en Serbia, Žilić et al. (2012) encontraron concentraciones de 198 a 337 mgECat/kg en genotipos de maíz de colores amarillo, naranja, rojo, azul y multicolor. Mientras que, Žilić et al. (2016) observaron niveles de 248 y 114 mg ECat/kg en grano de maíz palomero de genotipos de color rojo y azul, respectivamente, y 94 mgECat/kg en un genotipo maíz estándar color azul. En otro estudio realizado en

Italia por Capocchi et al. (2017), se encontraron aproximadamente 423 y 435 mgECat/kg en los genotipos Fomentone ottofilo rosso de color rojo y Fomentone ottofilo giallo de color amarillo, respectivamente. Los resultados del presente estudio son mayores a lo reportado por estos autores en el contenido de flavonoides totales.

En cuanto a la evaluación de taninos condensados en genotipos pigmentados de maíz, Ramos-Escudero et al. (2012) utilizaron diferentes proporciones de metanol-agua al 1%

de HCl (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100 v/v) y el método del 4-dimetilaminocinamaldehído en la extracción de compuestos fenólicos y cuantificación de taninos condensados en el genotipo INI-A601 originario de Perú. Estos autores reportaron contenidos de 150 a 230 mgECat/kg, siendo metanol-agua 80:20 (v/v) el solvente de mayor cantidad, sin embargo estos resultados son menores a los del presente estudio. Por otro lado, Camelo-Méndez y Bello-Pérez (2014), analizaron el contenido de taninos condensados mediante el método de butanol-HCl en genotipos de color azul y rojo, y encontraron niveles de 209,000 y 207,000 mg/kg, respectivamente, siendo estos resultados muy superiores a los del presente estudio.

La determinación de antocianinas es uno de los análisis más frecuentes en estudios de compuestos fenólicos de genotipos de maíz pigmentado. En este sentido, Mora-Rochín et al. (2016) analizaron el contenido de antocianinas en 15 genotipos de maíz con pigmentación azul desarrollados en México y reportaron en 14 de los genotipos, niveles de 141 a 282 mgEC3G/kg, siendo menores a todos los genotipos del presente estudio, mientras que el genotipo FAUAS-512 presentó 337 mgEC3G/kg lo cual es muy cercano a los 338 mgEC3G/kg del genotipo ERZ en el presente estudio. Además, Nankar et al. (2016), analizaron el contenido de antocianinas de ocho genotipos de maíz azul cultivados en cuatro localidades del sur de Estados Unidos y encontraron contenidos promedio de 370 a 580 mgEC3G/kg, siendo estos resultados muy similares a los cinco genotipos del presente estudio. Por otro lado, López-Martínez et al. (2009) reportaron niveles superiores a los del presente estudio encontrando contenidos de antocianinas de 702, 951, 995, 1055 y 3658 mgEC3G/kg en genotipos mexicanos de los colores amarillo, rojo, azul, negro y morado, respectivamente, mientras que solo un genotipo de color naranja presentó niveles in-

feriores a los del presente estudio con 306 mgEC3G/kg. También en México, Urias-Lugo et al. (2015) analizaron cinco genotipos híbridos comerciales y dos genotipos nativos todos ellos de pigmentación azul y encontraron niveles de 730 a 1052 mgEC3G/kg y 646 a 892 mgEC3G/kg, respectivamente, siendo estos resultados mayores que todos los genotipos del presente estudio.

Ningún estudio acerca del contenido de compuestos fenólicos en genotipos pigmentados de maíz ha reportado el contenido de compuestos tipo flavonoide en términos de porcentaje. A este respecto, tomando los datos reportados por Ramos-Escudero et al. (2012) y calculando el porcentaje de composición de taninos condensados, estos representaron de 7,66% (100:0, metanol:agua, v/v) a 13,04 % (40:60, metanol:agua, v/v) del total de compuestos flavonoides, los cuales son valores más altos al porcentaje de este grupo de compuestos fenólicos de todos los genotipos del presente estudio. Por otro lado, los resultados del presente estudio son similares al obtenido por Žilić et al. (2016) en el contenido de antocianinas del genotipo ZPL-6 ya que de acuerdo con los datos reportados por estos autores las antocianinas representaron el 5,76% de los compuestos tipo flavonoide.

La gran mayoría de los trabajos realizados sobre evaluación de compuestos fenólicos en genotipos pigmentados de maíz son complementados con estudios de capacidad antioxidante, siendo DPPH y ABTS los métodos más usados en estas evaluaciones, mientras que las unidades más comunes de expresión de los resultados son equivalentes Trolox y porcentaje de inhibición del radical. Los resultados de capacidad antioxidante del presente trabajo en términos de milimoles equivalentes de Trolox, se encuentran dentro de la gama de valores reportados por Žilić et al. (2016) en el ensayo DPPH quienes encontraron de 16 a 30 mmolET/g, mientras que todos los genotipos del presente estudio son infe-

riores a los resultados reportados por estos autores en el ensayo ABTS ya que obtuvieron valores de 19 a 36 mmolET/g. Por otro lado, los resultados de capacidad antioxidante del presente estudio en términos de porcentaje de inhibición (%Inh) se encuentran dentro de la gama de valores reportados López-Martínez et al. (2009), quienes encontraron valores de inhibición de 12 a 22% y de 4,5 a 35% de los radicales DPPH y ABTS, en fenólicos solubles extraídos de maíz con diferentes pigmentaciones.

Las diferencias de los resultados del presente estudio con respecto a lo reportado por diversos autores en la determinación de fenólicos solubles de tipo flavonoide y capacidad antioxidante de genotipos pigmentados de maíz, se debe principalmente a las características propias de los genotipos analizados y a las condiciones utilizadas en los procesos de extracción y cuantificación (tiempo de extracción, solvente de extracción, estándar de referencia).

Conclusiones

El genotipo TZII presentó los mayores niveles en las evaluaciones de flavonoides totales y capacidad antioxidante DPPH y ABTS, mientras que los genotipos ELSA y MO presentaron el mayor contenido de taninos condensados y antocianinas totales, respectivamente, por lo que estos tres genotipos pudieran utilizarse en el futuro como base de mejoramiento genético con el fin de aumentar calidad nutracéutica. Los resultados de las evaluaciones de compuestos fenólicos solubles tipo flavonoide y capacidad antioxidante de los cinco genotipos de este trabajo en la gran mayoría de los casos se encuentran dentro de la gama de valores o son superiores a los datos reportados previamente por otros autores en genotipos pigmentados de maíz.

Agradecimientos

A Fundación Produce Nuevo León A.C. por el recurso económico otorgado para la colecta de los genotipos pigmentados de maíz. A Valeria Lizeth Quintanilla-Rosales y Karen Galindo-Luna por ser parte de la investigación como estudiantes del Programa Educativo de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica 2015 de la Universidad Autónoma de Nuevo León (PAICYT-UANL) por el financiamiento otorgado al Dr. Guillermo Niño-Medina y al Dr. Francisco Zavala-García a través de los proyectos CT255-15 y CT252-15, respectivamente.

Bibliografía

- Abdel-Aal, ESM, Hucl P (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry* 76: 350-354.
- Bello-Pérez LA, Camelo-Méndez GA, Agama-Acedo E, Utrilla-Coello RG (2016). Aspectos nutracéuticos de los maíces pigmentados: digestibilidad de los carbohidratos y antocianinas. *Agrociencia* 50:1041-1063.
- Camelo-Méndez GA, Bello-Pérez LA (2014). Antioxidant capacity of extractable and non-extractable polyphenols of pigmented maize. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences* 5: 6-13.
- Capocchi A, Bottega S, Spanò C, Fontanini D (2017). Phytochemicals and antioxidant capacity in four Italian traditional maize (*Zea mays* L.) varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 68: 515-524.
- Escalante-Aburto A, Ramírez-Wong B, Torres-Chávez PI, Barrón-Hoyos JM, Figueroa-Cárdenas JD, López-Cervantes J (2013). La nixtamalización y su efecto en el contenido de antocianinas de maíces pigmentados, una revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36: 429-437.

- Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México DF. 116 pp.
- López-Contreras JJ, Zavala-García F, Urías-Orona V, Martínez-Ávila GCG, Rojas R, Niño-Medina G (2015). Chromatic, phenolic and antioxidant properties of *Sorghum bicolor* genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 43: 366-370.
- López-Martínez LX, Oliart-Ros RM, Valerio-Alfaro G, Lee CH, Parkin KL, García HS (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology* 42: 1187-1192.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémèsy C, Jiménez L (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition* 79: 727-747.
- Mora-Rochín S, Gaxiola-Cuevas N, Gutiérrez-Urbe JA, Milán-Carrillo J, Milán-Noris EM, Reyes-Moreno C, Serna-Saldívar SO, Cuevas-Rodríguez EO (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.
- Nankar AN, Dungan B, Paz N, Sudasinghe N, Schaub T, Holguin FO, Pratt RC (2016). Quantitative and qualitative evaluation of kernel anthocyanins from southwestern United States blue corn. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 4542-4552.
- Ramos-Escudero F, Muñoz AM, Alvarado-Ortiz C, Alvarado A, Yañez JA (2012). Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of Medicinal Food* 15: 206-215.
- Scalbert A, Williamson G (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition* 130: 2073S-2085S.
- Serna-Saldívar SO, Gutiérrez-Urbe JA, Mora-Rochín S, García-Lara S (2013). Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36 (3A): 295-304.
- Urias-Lugo DA, Heredia JB, Serna-Saldívar SO, Mury-Rangel MD, Valdez-Torres JB (2015). Total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity of native and elite blue maize hybrids (*Zea mays* L.). *CyTA-Journal of Food* 13: 336-339.
- Žilić S, Serpen A, Akıllıoğlu G, Gökmen V, Vančetočić J (2012). Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 1224-1231.
- Žilić S, Kocadağlı T, Vančetočić J, Gökmen V (2016). Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. *LWT-Food Science and Technology* 65: 597-603.

(Aceptado para publicación el 12 de julio de 2017)