



Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.)

A. Castañeda-Sánchez*

*Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Fundación Universidad de las Américas Puebla.
Exhacienda Sta. Catarina Mártir S/N, Cholula, Puebla. C.P.72810. México.*

Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) representa la base de la alimentación en México. Numerosos estudios han reportado que el maíz azul (*Zea mays* L.) es más nutritivo que otras variedades del grano; además de contener compuestos antioxidantes. Los alimentos con propiedades antioxidantes son muy importantes para el ser humano porque disminuyen el daño causado por los radicales libres. Por tanto en este artículo se realiza un análisis de las características nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.).

Palabras clave: maíz azul, composición, antocianinas.

Abstract

Corn (*Zea mays* L.) is the basis of the diet in Mexico. Numerous studies have reported that the variety of blue corn (*Zea mays* L.) is more nutritious than the yellow and white corn, also contain antioxidant compounds. Antioxidant foods are very important for people because they decrease the damage caused by free radicals. In this paper performed an analysis of the blue corn (*Zea mays* L.).

Keywords: blue corn, composition, anthocyanins.

Introducción

El maíz representa el sector más importante de la producción agrícola en México. La variedad de maíz azul (*Zea mays* L.) posee gran cantidad de pigmentos antioxidantes y una calidad nutricional mayor que el maíz típico; blanco o amarillo. Su nivel de fibra es uno de los más elevados comparado con el resto de cereales. Contiene altos niveles de

carbohidratos de fácil digestión y es rico en magnesio, antioxidantes y vitaminas. Es un cereal que aporta grandes beneficios al consumidor. Además es la principal fuente de alimentación de la población. Por eso en este trabajo se pretende realizar un análisis de las propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.).

*Programa de Maestría en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: armando.castanedas@udlap.mx

Revisión bibliográfica

1. Maíz Azul

1.1 Descripción

El maíz azul (*Zea mays* L.) pertenece al reino Plantae, a la clase angiosperma, a la subclase monocotiledónea, al orden de los cereales y a la familia de las gramíneas. En México las culturas prehispánicas llamaron centli a la mazorca y tlaolli al grano (Galarza, 2011).

La planta alcanza de uno a seis metros de alto dependiendo de la variedad. Las hojas forman una larga vaina enrollada al tallo y un limbo más ancho y alargado. Del tallo nacen dos o tres inflorescencias muy densas conocidas como mazorcas. El tallo de la planta está rematado en el extremo por una gran panoja de flores; cuando el polen ha sido aventado, se vuelven secas y parduscas (Galarza, 2011). En cada mazorca se ven las filas de granos cuyo número puede variar de ocho a treinta. A cada grupo le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca (Betrán *et al.*, 2001).

La mayoría de los maíces son típicamente de grano harinoso. El endospermo es de textura suave. El color azul se encuentra en la capa de células llamada aleurona, donde una mayor concentración de pigmentos antociánicos hacen que los granos parezcan negros (Betrán *et al.*, 2001).

1.2 Producción

La producción de maíz se relaciona con diversos factores ambientales como el agua, suelo, minerales, dióxido de carbono y oxígeno. Además el crecimiento de la planta depende del potencial genético de la semilla. Aunque la naturaleza parece ser la principal responsable del crecimiento de la planta, se

puede contribuir al buen desarrollo arando, fertilizando, regando y controlando malezas e insectos (Galarza, 2011).

El maíz se trabaja en dos ciclos productivos: primavera-verano y otoño-invierno. En el ciclo otoño-invierno las regiones Noroeste y Norte son las que aportan los volúmenes más significativos de maíz en México, produciendo en forma conjunta el 77.8 % del total nacional. Los contribuyentes mayoritarios son Sinaloa, Durango, Zacatecas, Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas y Coahuila (Galarza, 2011).

En la producción del maíz en el ciclo primavera-verano, destacan las regiones del Altiplano Central, Pacífico Sur y Bajío. La producción de estas regiones asciende al 76 por ciento del total nacional del ciclo. Los principales productores son México, Guerrero, Michoacán y Jalisco (Galarza, 2011).

El rendimiento por hectárea varía de acuerdo con el sistema de producción. En el ciclo otoño-invierno el rendimiento promedio es de 3.6 toneladas por hectárea cosechada. En el ciclo primavera-verano el rendimiento promedio es de 2.08 toneladas por hectárea. Cabe mencionar que en el ciclo otoño-invierno la producción proviene de sistemas de riego, lo que se asocia a mejores niveles de tecnificación y a la práctica comercial del cultivo, redundando en mejores rendimientos en comparación a la producción de temporal que predomina en el ciclo primavera-verano (Galarza, 1998).

1.3 Consumo

El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales. Los principales son tortillas, forrajes, aceites, biocombustibles, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa y etanol. En México se hace mención

principalmente a tres variedades de maíz, el blanco, amarillo y azul. El maíz blanco se produce exclusivamente para el consumo humano por su alto contenido nutricional. El maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y a la alimentación animal. El maíz azul se utiliza para la elaboración de atole, tortillas y tesguño (De la Parra, 2008).

Para preparar alimentos, harina y otros productos, se machaca el maíz azul con un molino. Los granos enteros esencialmente se utilizan para elaborar diversos alimentos, mientras que la harina se mezcla con agua hirviendo para elaborar tortillas. El atole de maíz azul se hace con masa cocida, y en algunos casos con harina de grano seco (Méndez *et al.*, 2005).

En México existe un déficit en la producción del maíz porque sólo se cosechan 21 millones de toneladas. Por esto es necesario importar alrededor de 6 millones de toneladas de maíz provenientes de Estados Unidos (Méndez *et al.*, 2005).

2. Información nutricional

El maíz azul ofrece algunas características nutricionales muy interesantes destacando: una menor cantidad de almidón, un índice glucémico inferior menor al maíz normal (interesante para personas diabéticas), y una carga proteica superior en un 20 % al del maíz blanco (Méndez *et al.*, 2005).

En México existe una gran diversidad de variedades de maíz azul. También existe variabilidad en tamaño, densidad y dureza del grano, así como en su composición química. Estas variables están definidas por el factor genético, prácticas de cultivo, condiciones climáticas y tipo de suelo, así como la interacción entre estos factores. En diferentes regiones del país se cultivan variedades criollas de maíz azul. Los más importantes son el tabloncillo y el chalqueño. La Tabla I

muestra la composición química de estas variedades (Agama, 2011).

Las diferentes partes del maíz también difieren en su composición. El pericarpio tiene un alto contenido en fibra, mientras que el endospermo es rico en almidón. El germen contiene la mayoría de las proteínas, grasas, azúcares y cenizas (Agama, 2011).

Tabla I. Composición química del maíz azul de las variedades tabloncillo y chalqueño.

Componente	Tabloncillo	Chalqueño
Humedad (%)	8.58 ± 0.31	8.29 ± 0.17
Cenizas (%)	1.63 ± 0.01	1.52 ± 0.03
Lípidos (%)	5.36 ± 0.04	4.91 ± 0.02
Proteínas (%)	9.04 ± 0.23	9.04 ± 0.12
Almidón (%)	78.5 ± 0.95	82.9 ± 0.86

*Agama (2011)

2. 1. Carbohidratos

El maíz azul es una fuente importante de carbohidratos. Los azúcares constituyen aproximadamente el 2 % del peso total del grano y cerca del 65 % de los azúcares del grano se encuentran en el germen. Contiene fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, rafinosa y algunos oligosacáridos (Boyer y Shannon, 2001).

Los carbohidratos complejos representan alrededor del 80 % del peso total del grano. Los polisacáridos más importantes en el maíz azul son los estructurales y los de reserva. Los del tipo estructural se encuentran en las paredes del grano y son la pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina (Boyer y Shannon, 2001).

El polisacárido de reserva es el almidón y se encuentra en el endospermo. El almidón del maíz contiene en promedio un 75 % de amilopectina y un 25 % de amilosa. Sin embargo, esta proporción está determinada

genéticamente y puede cambiar de semilla a semilla (Boyer y Shannon, 2001).

2. 2. Proteínas

Las proteínas son las macromoléculas más importantes desde el punto de vista nutricional. Representan aproximadamente el 10 % del grano. El maíz azul contiene albuminas, globulinas, glutelinas y prolaminas (Badui, 2006).

En la Tabla II se muestra el contenido de aminoácidos esenciales del maíz azul. Este cereal tiene un bajo contenido en triptófano. Aún con la ausencia de este componente, las albuminas contienen un adecuado balance de aminoácidos esenciales. La relación de eficiencia proteica (PER) es de 1.37 y la utilización proteica neta (NVP) es 72.78 % (Badui, 2006).

Tabla II. Composición de aminoácidos esenciales en el maíz azul (g/100g maíz).

Aminoácido	Contenido
Fenilalanina	4.8
Histidina	2.9
Isoleucina	3.6
Leucina	12.4
Lisina	2.7
Metionina	1.9
Treonina	3.5
Triptófano	0.5
Valina	4.9

*Badui (2006)

2.3. Lípidos

Los lípidos representan el 5 % del maíz azul. Se encuentran en mayor proporción con el germen, conteniendo el 84 % de los lípidos del grano y el 16 % restante se encuentra en el endospermo. La mayoría de los lípidos son triglicéridos y se componen por los ácidos linoléico (50 %), oléico (35 %), palmítico (13

%), esteárico (4 %) y linolénico (3 %). Además los lípidos del maíz azul son muy estables, porque contienen altos niveles de antioxidantes naturales. Por lo tanto, el maíz azul es una excelente fuente de ácidos grasos y genera aceites de buena calidad (Boyer y Shannon, 2001).

2.4. Fibra

La fibra dietética está presente en el maíz azul como en todas las variedades de maíz. Se encuentra mayoritariamente en el pericarpio y en las paredes celulares del endospermo. Ciertos factores como la genética, clima y altura afectan el contenido de fibra. La Tabla III indica el contenido de fibra de maíz cosechado en diferentes condiciones (Dickerson, 2008).

Tabla III. Fibra de maíz cosechado a diferentes alturas (g/100g maíz).

Tipo de maíz	Insoluble	Soluble	Total
De sierra	10.94 ± 1.26	1.25 ± 0.41	12.19 ± 1.30
De tierras bajas	11.15 ± 1.08	1.64 ± 0.73	12.8 ± 1.47

*Dickerson, (2008)

2.5. Vitaminas

El maíz azul posee vitaminas hidrosolubles y liposolubles. El grano contiene dos vitaminas liposolubles en concentraciones importantes: la vitamina A con 2.5 mg/kg y la vitamina E con 36 mg/kg. Además están presentes en menor proporción la vitamina B1, piridoxina, niacina y vitamina C en concentraciones muy bajas. En la aleurona, germen y endospermo están las proteínas hidrosolubles. Se han encontrado cantidades variables de tiamina y riboflavina. La concentración está determinada por el medio ambiente, las prácticas de cultivo y la genética (Dickerson, 2008).

2.6. Minerales

Los minerales se encuentran mayoritariamente en el germen del maíz azul. El fósforo es el más abundante y representa el 0.1 % del grano integral. El calcio es el mineral más importante del maíz azul, ya que es fundamental en el consumo humano. El contenido de calcio puede variar del 0.01 % al 0.1 % del peso seco del grano. Además posee cantidades considerables de potasio y magnesio. La Tabla IV muestra el contenido de minerales promedio del maíz azul (Dickerson, 2008).

Tabla IV. Contenido promedio de minerales del maíz azul (mg/100g).

Mineral	Concentración
Fósforo	299.6 ± 57.8
Potasio	324.8 ± 33.9
Calcio	48.3 ± 12.3
Magnesio	107.9 ± 9.4
Níquel	59.2 ± 4.1
Hierro	4.8 ± 1.9
Cobre	1.3 ± 0.2
Manganeso	1.0 ± 0.2
Zinc	4.6 ± 1.2

*Dickerson, (2008)

3. Propiedades antioxidantes

El consumo de maíz azul está asociado indirectamente con beneficios a la salud, debido a la presencia de compuestos antioxidantes, los cuales retrasan el daño causado por los radicales libres, con actividad anticancerígena, antineurodegenerativa y antiinflamatoria (Kraft, 2008).

Estudios médicos han demostrado que pacientes con arteroesclerosis presentan contenidos bajos de antioxidantes al compararlos con individuos sanos (Durak *et al.*, 2001). Ching *et al.* (2002) encontraron que al incrementar los niveles de antioxidantes en la sangre, los riesgos de presentar cáncer de

mama se ven disminuidos. Olsson *et al.* (2004) evaluaron el efecto de antocianinas, como la cianidina-3-glucósido, en la proliferación de células de cáncer de colon y de mama, encontrando actividad anticancerígena. Joseph *et al.* (2003) encontraron que el consumo de suplementos antioxidantes revierte los efectos degenerativos del envejecimiento. Una gran variedad de fitoquímicos son responsables de estos beneficios del maíz azul, entre ellos los compuestos fenólicos.

3.1. Compuestos fenólicos

El maíz azul es un cereal rico en compuestos fenólicos. Los fenoles son compuestos que poseen anillos aromáticos, con grupos sustituyentes hidroxilo, éster, glucósido, etc. Son metabolitos secundarios que contribuyen al aroma y al sabor de los alimentos. Son esenciales para el crecimiento y la reproducción del maíz, otorgan resistencia al estrés ocasionado por condiciones ambientales, así como a los daños por plagas (Su y Chien, 2007).

La familia de los fenólicos es muy grande, y existen muchas clasificaciones. Según su estructura química existen dos grandes grupos: no flavonoides y flavonoides. Los no flavonoides son ácidos fenólicos, así como derivados de moléculas un poco más complejas como los estilbenos y galotaninos (Seeram *et al.*, 2008).

Los flavonoides están formados por dos grupos bencénicos unidos por un puente tricarbonato, por lo que su esqueleto básico es de 15 átomos de carbono. Además poseen varios grupos hidroxilo unidos a su estructura de anillo y se encuentran normalmente como glucósidos. Un subgrupo de los compuestos flavonoides que ha sido objeto de estudio son las antocianinas (Lila, 2004).

3.2. Antocianinas

El maíz azul es una fuente importante de antocianinas con potenciales aplicaciones antioxidantes. Las antocianinas se caracterizan por un esqueleto básico de 15 átomos de carbono de tipo 2-fenil benzopirona. Son sales de flavilio y glucósidos porque están unidos por un enlace glucosídico a una molécula de azúcar (Stintzing y Carle, 2004).

Las antocianinas tienen un sustituyente hidroxilo glicosilado, el cual les da estabilidad y solubilidad. Dependiendo de los otros sustituyentes se obtendrán diferentes colores. La variedad de antocianinas depende del número de grupos hidroxilo, azúcares, grupos alifáticos y ácidos aromáticos unidos a la estructura básica de las antocianinas. Los carbohidratos comúnmente unidos a las antocianinas son glucosa, galactosa, xilosa, arabinosa y ramnosa (Chirinos *et al.*, 2006).

Las diferencias en el perfil de antocianinas del maíz; ocasionan una diferencia enorme en el color y pigmentación de las diferentes variedades. Esta variación se define en colores que van desde el rojo, pasando por el morado hasta el casi negro (De la Parra, 2008).

La biosíntesis de antocianinas de la planta de maíz se lleva a cabo a partir de fenilalanina y piruvato. La función de las antocianinas en la planta está relacionada con su adaptación al ambiente. Las antocianinas del grano de maíz azul se concentran en el pericarpio y en menor proporción en la capa de aleurona. De acuerdo a esta localización se pueden determinar los diferentes usos del grano. Cuando se presenta una cantidad elevada de antocianinas en el pericarpio, las variedades tienen potencial para la extracción de pigmento (Del Valle *et al.*, 2005).

El interés en los pigmentos antocianínicos se ha intensificado recientemente debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas.

Durante el paso del tracto digestivo al torrente sanguíneo de los mamíferos, las antocianinas permanecen intactas 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. Estudios con fracciones de antocianinas han demostrado que éstas son efectivas para atrapar especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la agregación de plaquetas (Timberlake, 2008).

Wang y Mazza (2002) han demostrado que vegetales ricos en antocianinas evidencian una alta actividad antioxidante contra el peróxido de hidrógeno y contra radicales peróxido, superóxido, hidroxilo y oxígeno singulete.

A las antocianinas también se les atribuye actividad antitumoral y anticancerígena. Hagiwara *et al.* (2002) demostraron que el suministro de antocianinas causa supresión de tumores. Kamei *et al.* (2008) reportaron la supresión de células cancerígenas HCT-15 provenientes del colon humano y de células cancerígenas gástricas AGS al suministrar fracciones de antocianinas.

Referente a la actividad antiinflamatoria, Wang y Mazza (2002) encontraron en extractos concentrados de antocianinas efecto inhibitorio de la producción de óxido nítrico en macrófagos activados. Por otra parte, Vuorela *et al.* (2005), encontraron efecto supresor de prostaglandina EG2, sinónimo de actividad antiinflamatoria en extractos antocianínicos.

La mejora de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo como resultado del consumo de antocianinas han sido reportados por Ohgami *et al.* (2005) quienes

suministraron extractos de frutas ricas en antocianinas a ratas con deficiencia ocular, lo cual resultó en un efecto antiinflamatorio y de aumento de la agudeza visual. Han demostrado que el comportamiento cognitivo y las funciones neuronales de ratas de laboratorio puede ser mejorado a través de suplementación nutricional con antocianinas.

Las antocianinas del maíz azul ya han sido caracterizadas. El perfil de antocianinas del grano de maíz azul presenta diez antocianinas diferentes, de los tipos aciladas y no aciladas. Las antocianinas más importantes son la cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido y peonidina-3-glucósido. La Tabla V muestra las antocianinas mayoritarias del maíz azul. Los porcentajes promedio de estas antocianinas son 90 % de cianidina, 8 % de pelargonidina y alrededor de 2 % de peonidina (Styles y Ceska, 1972).

Zhao *et al.* (2008) identificaron siete antocianinas principales, que fueron la cianidina-3-glucósido, cianidina-3-(malonilglucósido), peonidina-3-glucósido, peonidin-3-malonilglucósido, pelargonidina-3-(6-malonilglucósido), cianidina-3-glucósido-2-malonilglucósido y peonidina-3-(dimalonilglucósido).

Además Li *et al.* (2008) caracterizaron tres antocianinas más, que fueron la cianidina-3-succinilglucósido, cianidina-3-(6-(etilmalonil)glucósido) y cianidina-3-rhamnosido. El mayor contenido de antocianinas lo encontraron en la cáscara del grano.

De la Parra *et al.* (2008) cuantificaron las antocianinas monoméricas totales del maíz azul, reportaron 266.2 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de maíz azul y encontraron a la cianidina-3-glucósido en mayor proporción.

Martínez *et al.* (2009) reportaron un contenido de antocianinas en el rango de 409.5 a 933.8 mg /kg en grano sin germen. Además encontraron que el maíz híbrido presenta menor contenido que el maíz criollo.

También existen diferencias entre variedades del contenido de antocianinas. El maíz azul de la raza chalqueño posee en sus granos un mayor grado de antocianinas. El rango en el contenido de antocianinas es de 400 a 900 mg/kg en grano sin germen (De la Parra, 2008).

El principal destino de la producción de maíz azul en México es la elaboración de tortilla, atole y pinole. Sin embargo el proceso de nixtamalización es altamente agresivo para las antocianinas del grano. Por lo que las tortillas de maíz azul contienen solamente el 30 % de las antocianinas totales (De la Parra, 2008).

3.3. Ácidos fenólicos

Este grupo de compuestos se caracteriza por poseer en su estructura química el anillo aromático, el grupo hidroxilo y una función carboxílica (Scalbert y Willianson, 2000).

Se concentran en el pericarpio del grano en mayor medida. Pueden estar libres o esterificados a las cadenas de celulosa que conforman la estructura (Scalbert y Willianson, 2000).

Los ácidos fenólicos que tienen interés terapéutico y antioxidante son derivados del ácido benzoico o del ácido cinámico (cafeico, ferúlico, *p*-cumárico). Los primeros son muy abundantes en la naturaleza tanto libres, como ácidos o aldehídos, (vainilla, anisaldehído), como combinados en formas heterosídicas, correspondiendo a esta grupo la unidad básica estructural (ácido gálico) de los taninos gálicos o hidrolizables. Los segundos también son

abundantes en la naturaleza, pero en este caso se encuentran casi siempre esterificados con azúcares, alcoholes alifáticos, ácido clorogénico, otros metabolitos secundarios o bien amidificados (Scalbert y Willianson, 2000).

Los ácidos fenólicos también reducen los daños oxidativos relacionados con la edad y combaten enfermedades como arteriosclerosis, diabetes, cáncer y cirrosis. Además los diferentes ácidos fenólicos presentan actividad sinergista entre sí (Scalbert y Willianson, 2000).

Se han detectado ocho ácidos fenólicos mayoritarios en el maíz azul. Ácido hidroxibenzoico, ácido vanílico, ácido cafeico, ácido sinápico, ácido *p*-cumárico, ácido *m*-cumárico, ácido ferúlico y ácido *o*-cumárico. El ácido ferúlico es el ácido fenólico más importante en todos los tipos de maíz. Los ácidos *o*-cumárico y *p*-cumárico también se encuentran en concentraciones considerables. Las diferentes variedades de maíz tienen contenidos distintos de ácidos fenólicos (White, 2007).

Muchos ácidos fenólicos diferentes contribuyen al contenido de compuestos fenólicos. Los ácidos fenólicos decrecen en su actividad antioxidante en el siguiente orden: ácido cafeico, ácido hidroxibenzoico, ácido ferúlico, ácido vanílico, ácido sinápico y ácido cumárico. El ácido ferúlico es el ácido fenólico predominante ya que se puede encontrar aun después de la hidrólisis alcalina del grano (White, 2007).

Los fenoles libres se encuentran en las diferentes partes del grano. El contenido de fenoles libres promedio es de 3.46 a 5.91 $\mu\text{mol/g}$ en el pericarpio y de 1.24 a 3.76 $\mu\text{mol/g}$ en el endospermo. Mientras que el contenido de fenoles totales promedio va de 8.98 a 14.56 $\mu\text{mol/g}$ en pericarpio y de 2.93 a

4.98 $\mu\text{mol/g}$ en endospermo (Scalbert y Willianson, 2000).

Conclusiones

El maíz azul es un excelente alimento desde el punto de vista nutricional. Contiene menos almidón que el maíz blanco y su índice glucémico es menor. Además, tiene más proteínas que otras variedades. El color se debe a las antocianinas, colorantes naturales con propiedades antioxidantes. De tal forma este cereal es un gran aliado en la dieta.

Referencias

- Agama, E. 2011. Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3:317-329.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Editorial Alhambra. México, D.F. 140-145.
- Betrán, F., Bockholt, A. y Rooney, L. 2001. Blue corn in specialty corns. *Food Hydrocolloids*. 5:455-467.
- Boyer, C. y Shannon, J. 2001. Carbohydrates of the kernel, corn: chemistry and technology. *Journal of Cereal Science*. 1:253-272.
- Ching, S., Ingram, D., Hahnel, R. y Rossi, E. 2002. Serum levels of micronutrients, antioxidants and total antioxidant status predict risk of breast cancer in a case control study. *Journal of Nutrition*. 132:303-306.
- De la Parra, C., Serna, S. y Hai, L. 2008. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55:4177-4183.
- Del Valle, G., Gonzalez, A. y Báez, R. 2005. Las antocianinas y su relación con el color. *Revista de Fitotécnia*. 28(4):359-368.

- Dickerson, G. 2008. Nutritional analysis of New Mexico blue corn and dent corn kernels. Cooperative Extension of Agriculture. 20:7-8.
- Durak, I., Kacmaz, M., Cimen, M., Buyukkock, U. y Ozturk, H. 2001. Blood oxidant/antioxidant status of arteriosclerotic patients, Journal of Cardiology. 77:293-297.
- Galarza, J.M. 2011. Situación actual y perspectivas del maíz en México. SIAP. <http://www.siap.gob.mx>
- Hagiwara, A., Yoshino, H. y Aoki, H. 2002. Food anthocyanins from purple sweet potato and red cabbage. Journal of Toxicology Science. 27:57-68.
- Joseph, J., Arendas, G. y Gordon, M. 2003. Blueberry supplemenattion enhaces signaling and prevents behavioral déficits in an Azhaimer disease model. Neuroscience. 6:153-162.
- Kamei, H., Hashimoto, Y. y Koide, T. 2008. Antitumor effect of metanol extracts from red and white wines. Cancer Biother Radiopharm. 13(6):447-452.
- Kraft, T. 2008. Phytochemical composition and metabolic performance enhacing activity of dietary berries. Journal of Agriculture and Food Chemestry. 26:654-660.
- Li, C., Kim, W., Won, R., Min, K., Park, Jin., Park, Y., Ahn, M. y Rhee, H. 2008. Corn husk as a potential source of anthocyanins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56:11413-11416.
- Lila, M. 2004. Anthocyanins and human health: an in vitro investigate approach. Journal of Biotechnology. 5:306-313.
- Martinez, L., Ros, R. y Alfaro, G. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of mexican maize. Food Science and Technology. 42:1187-1192.
- Méndez, G., Solorza, J. y Paredes, O. 2005. Composición química y colorimétrica de híbridos y variedades de maíz. Revista Agrociencia. 39:267-274.
- Ohgami, K., Illieva, L. y Yoshida, K. 2005. Anti-inflammatory effects of aronia extradct on rat rndotoxin-induced uveítis. Journal of Biotechnology. 46:275-281.
- Olsson, E., Gustavsson, K. y Duan, R. 2004. Inhibition of cáncer cell proliferation in vitro by extracts and correlations with antioxidant levels. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52:7264:7271.
- Scalbert, A. y Willianson, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. Journal of Nutrition. 1300:2073-2085.
- Seeram, N. 2008. Comparison of antioxidant potency or commonly consumed polyphenol rich beverages in the United States. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56(4):1415-1422.
- Stintizing, F. y Carle, R. 2004. Functional properties of anthocyanins in plants, food and human nutrition. Trends Food Science Technology. 15:19-38.
- Styles, E. y Ceska, O. 1972. Flavonoid pigments in generic strains of maize. Journal of Phytochemistry. 11:3019-3021.
- Su, M. y Chien, P. 2007. Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of blue corn (*Zea mayz* L.). Food Chemistry. 104:181-187.
- Timberlake, F. 2009. Anthocyanins occurrence, extraction and chemistry. Food Chemistry. 120:69-80.
- Vuorela, S., Kreander, K. y Karonen, M. 2005. Preclinical evaluation of rapeseed, raspberry and pine bark phenolics for health related effects. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:5922-5931.
- Wang, J. y Mazza, G. 2002. Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50:850-857.
- White, P. 2007. High amylose corn exhibits better antioxidant activity tha typical and waxy genotypes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55:291-298.
- Zhao, X., Corrales, M., Zhang, C., Hu, X., Ma, Y. y Tauscher, B. 2008. Composition and termal stability of anthocyanins from Chinese purple corn (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56:10761-10766.