

Características industriales de

Maíces (Zea mays L.)

pigmentados de Chiapas

Cruz-Chávez, F.J.1; Cadena-Iñiguez, P.1; Salinas-Moreno, Y.2; Garrido Ramírez, E.R.1

1 Campo Experimental Centro de Chiapas. 2 Campo Experimental Valle de México; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, México D.F. 04010.

Autor responsable: cadena.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la actualidad, la sociedad urbana y periurbana está inmersa en procesos de estrés y de alimentación que favorecen diferentes padecimientos, tales como el cáncer y la diabetes, entre muchas otras. Como medida preventiva a estos padecimientos, la sociedad ha vuelto su mirada al consumo de alimentos sanos, en cuya composición sobresalgan nutrimentos o metabolitos secundarios que coadyuvan a la prevención de problemas de salud humana. Los maíces pigmentados se han considerado preventivos en padecimientos como el cáncer de colon, inhibiendo la proliferación de células malignas, y constituyen una buena oportunidad para rescatar la riqueza y herencia biocultural en muchas partes de México. En este artículo se destaca el trabajo realizado en Chiapas para el rescate y las pruebas a diversas variantes biológicas de maíces pigmentados (*Zea mays* L.), para determinar propiedades nutraceuticas e industriales.

Palabras clave: antocianinas, pigmentos, antioxidantes



INTRODUCCIÓN

En México se cultiva maíz (*Zea mays* L.) en ocho millones de hectáreas, de los que se obtienen más de 18 millones de ton año⁻¹. En 2007, el estado de Sinaloa ocupó el primer lugar en la producción nacional al generar 5.13 millones de ton, lo que representó 22% de la producción nacional. El rendimiento promedio por hectárea en dicho estado fue de 8.7 t ha⁻¹, siendo el más alto a nivel nacional. El estado de Chiapas ocupó el sexto lugar con 6.5%, (financiera Rural 2009) y, según la Cámara Nacional del Maíz Industrializado (CANAMI, 2009), el maíz es el principal cultivo en el sistema campesino al que se dedican cerca de dos millones de productores, de los cuales 85% cuentan con parcelas menores a cinco hectáreas en 1,847 municipios; es el cultivo más abundante, ocupa poco más de la mitad de la superficie cultivable, y se calcula que ocho de cada diez productores agrícolas siembran esta especie.

Usos de maíz

Actualmente el maíz se utiliza como fuente fundamental en la nutrición de seres humanos y animales (Benz, 2001). Existen más de 3,500 usos para los productos que se extraen del maíz y, en muchas ocasiones, los productos finales conseguidos son más ecológicos que otros derivados del petróleo. Los granos, hojas, flores y tallos son aprovechados para la fabricación de productos tales como, jabones, cosméticos y lociones para el afeitado (Martínez, 2000). Alimentos como mermeladas, té y café instantáneo suelen tener subproductos del maíz (maltodextrina) en su composición; los pasteles hechos en casa están constituidos de levaduras derivadas de éste (Espinosa, 2003), y cerca de 85 diferentes tipos de antibióticos lo utilizan en su fórmula. De igual forma, casi todas las bebidas carbonatadas emplean edulcorantes obtenidos del maíz; asimismo, papel, cartón, madera, pegamentos y tintas son tratados con algún derivado del mismo (Martínez, 2000; Jaakola *et al.*, 2002).

Antocianinas en el maíz

Estudios epidemiológicos efectuados en varios países evidencian que el consumo de frutos y vegetales reducen enfermedades coronarias, además de minimizar los riesgos de cáncer. Esto se atribuye a que existen algunos componentes fenólicos de origen vegetal que presentan actividades antioxidantes dentro de las células, que reducen la concentración de radicales libres (Cuevas *et al.*, 2008, Zhao *et al.*, 2009). Se sabe que los agentes antioxidantes que se encuentran en alimentos pueden reducir trombosis, activar macrófagos e inhibir la tendencia a la peroxidación (Block *et al.*, 1992); entre estos compuestos se hallan las antocianinas (Kong *et al.*, 2003), cuya acción antioxidante puede dar respuesta a la constante producción de compuestos que dañan estructuras biológicas, atenuando los efectos dilatorios por medio de la acción de sistemas antioxidantes, entendidos éstos como sustancias que, al estar presentes en bajas concentraciones comparadas a los de un sustrato oxidable, previenen o retardan la oxidación de dicho sustrato y protegen a los sistemas biológicos frente a efectos potencialmente perjudiciales (Haliwell, 1999; Wang *et al.*, 1999; Zhao *et al.*, 2009).

Las antocianinas se diferencian de otros polifenoles por poseer azúcares dentro de sus grupos funcionales y porque en su mayoría presentan varios grupos-OH (Gross, 1987; Fossen *et al.*, 1998). Las diferencias entre las antocianinas dependen del número de grupos hidroxilos y de azúcares que están unidos a las moléculas, así como a la posición de esa unión, naturaleza y número de ácidos aromáticos unidos al azúcar en la molécula (Kong *et al.*, 2003; Pietta, 2000). Las antocianinas son el grupo más importante de pigmentos solubles al agua y se definen como flavonoides fenólicos, y los colores de los frutos, flores y verduras se deben a la presencia de estos pigmentos (Aoki *et al.*, 2002), que cumplen la función de atraer insectos y pájaros para propósitos de polinización y dispersión de semillas (Figura 1).



Figura 1. Gama de colores de maíces (*Zea mays* L.) atribuido a contenido de antocianinas.

El interés actual por las antocianinas se debe a sus beneficios para la salud ya que son considerados como antioxidantes naturales (Wang *et al.*, 1997; Salinas *et al.*, 2005) y, según Lee *et al.* (1997), tienen capacidad de atrapar radicales libres, que ocasionan daño a las biomoléculas. El color particular de cada antocianina depende del número y orientación de los grupos hidroxilos y metoxilos. Un incremento en la hidroxilación produce un color azul, mientras que un incremento en la metoxilación produce un color rojo (Rodríguez y Wrolstad, 2001; Cuevas *et al.*, 2008). De todas las antocianinas existentes, sólo las siguientes seis son de interés en los alimentos: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina y malvidina (Gross, 1987; Jaakola *et al.*, 2002; Salinas *et al.*, 2005; Cuevas *et al.*, 2008). El color de las antocianinas está afectado por diversos factores, entre los

que destacan el pH de la célula, el efecto de copigmentación determinado por la presencia de otros flavonoides, la temperatura y la luz (Rodríguez y Wrolstad, 2001; Salinas *et al.*, 2005; Cuevas *et al.*, 2008) (Figura 2).

Propiedades nutraceuticas de las antocianinas

Las antocianinas poseen propiedades farmacológicas empleadas para la terapia de diversas enfermedades (Wagner, 1982; Wang *et al.*, 1997) y protegen neutralizando las enzimas que destruyen el tejido conectivo, previniendo su oxidación y también separando las proteínas dañadas en las paredes de vasos sanguíneos (Lee *et al.*, 1997), además de tener actividad anti inflamatoria que coadyuva en reacciones alérgicas (Zhao *et al.*, 2009). Gracias a lo anterior, las antocianinas son catalogadas como agentes nutraceuticos (Agama *et al.*, 2004; Pietta, 2000) y, debido al interés de la sustitución de los colorantes sintéticos por su posible toxicidad (Salinas *et al.*, 2005), se buscan fuentes naturales como las registradas en los maíces pigmentados.

Cuadro 1. Clasificación del maíz por su dureza mediante el índice de flotación.		
Índice de flotación (%)	Clasificación	CAT (mg kg ⁻¹)
0 - 12	Maíces muy duros (MD)	231 - 522
13 - 37	Maíces duros (D)	213 - 728
38 - 62	Maíces intermedios (I)	294 - 768
63 - 87	Maíces suaves (S)	213.5 - 908
88 - 100	Maíces muy suaves (MS)	348 - 804

Los maíces pigmentados

La presencia de antocianinas en las variantes pigmentadas de maíz las hace ser un producto potencial para el suministro de colorantes y antioxidantes naturales (Halliwell, 1999; Salinas *et al.*, 2005). La demanda del maíz destinado al proceso de nixtamalización vía industrial, así como la formación de productos nixtamalizados ha crecido en los últimos años (Agama *et al.*, 2004; Bressani *et al.*, 2001). El almidón tiene un papel muy importante en las propiedades fisicoquímicas funcionales y nutricionales de productos a base de maíz, como tortillas, botanas y cereales para desayuno (Salinas *et al.*, 2003; Agama *et al.*, 2004). El contenido de antocianinas totales (CAT) y la actividad antioxidante de maíces de grano azul fueron registrados con base en la dureza del endospermo (Cuadro 1) (Gomes, 1993).



Figura 2. Maíz azul y rojo (*Zea mays* L.) atribuido a incremento en la hidroxilación o incremento en la metoxilación, respectivamente.

Dentro de la clasificación popular existen los de color rojo oscuro, llamados “guindas”, cuyo CAT con endospermo generalmente duro (Figura 3) registró valores de entre 70.56 a 232.84 mg kg⁻¹, y se clasifican como bajos comparados con los de los azules, que se atribuye a que el pigmento en estos últimos se ubica en la capa de aleurona, mientras que en los “guindas” se ubica en el pericarpio (Cruz *et al.*, 2009).

La actividad antioxidante de los extractos de maíces de grano azul, rojos y guindas se determinó mediante el método del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), que es relativamente estable y presenta una coloración púrpura. Durante la reacción del radical, el color púrpura del DPPH desaparece gradualmente hasta tornarse amarillo (Mosquera *et al.*, 2005) y, de acuerdo con los datos obtenidos en la cuantificación de antocianinas y el porcentaje de DPPH reducido, se observa que a mayor contenido de antocianinas hay un mayor porcentaje de DPPH reducido.

Calidad industrial de los maíces pigmentados de Chiapas

Para ser aceptada por el consumidor, una tortilla debe reunir características de aroma, sabor, flexibilidad y textura adecuada que le permita ser doblada y enrollada. Estas propiedades sensoriales y mecánico-plásticas dependen de muchos factores, como son variedad de maíz, temperatura, tiempo de cocción y pH (Badui, 1999; Billeb y Bressani, 2001; Salinas *et al.*, 2003 y Cuevas *et al.*, 2008).

El porcentaje de sólidos determina la cantidad que se pierde (sean solubilizados o desprendidos durante la etapa de cocción) y la cantidad de agua absorbida tiene influencia en el rendimiento; por ejemplo, en maíces de color azul ésta varía de 2.7% a 4.4% y ninguno de los azules que fue-

ron evaluados tuvo una pérdida de sólidos superior a 5%, que es el máximo permitido. En los de color rojo sí fueron mayores a 5%, aunque en algunos fueron inferiores a 4.2%, incluso de hasta 2.2%; en los guindas fue inferior a 3.8%.

Uno de los aspectos más importantes en la obtención de tortillas es el rendimiento maíz-tortilla; un valor adecuado para considerar al maíz con calidad nixtamalera

debe ser mayor o igual a 1.8. En Chiapas existen maíces de color azul cuyo rendimiento es superior a 1.8, aunque también los hay con valores de 1.5, debido en parte a la pérdida de sólidos. En el caso de los maíces rojos, el rendimiento en masa fue de 1.8 a 1.9 y en los guindas de 1.6 a 2.0. El rendimiento adecuado en tortilla fría debe ser mayor o igual a 1.5 y al menos dos de los maíces azules muestreados cumplieron con este parámetro; otros presentaron buen rendimiento de tortilla, pero no cumplieron con el resto de los estándares de calidad nixtamalera. Para el caso de los maíces rojos, el rendimiento de tortilla fría fue de entre 1.2 y 1.5, y únicamente en uno de estos últimos fue adecuado (mayor o igual a 1.5); en otro más fue alto en masa, pero no en rendimiento de tortilla y, por lo general, las tortillas elaboradas con maíces rojos no presentaron humedad de tortilla (mayor o igual al 43%), ya que los evaluados registraron un rango de 38.9% a 42.9%.

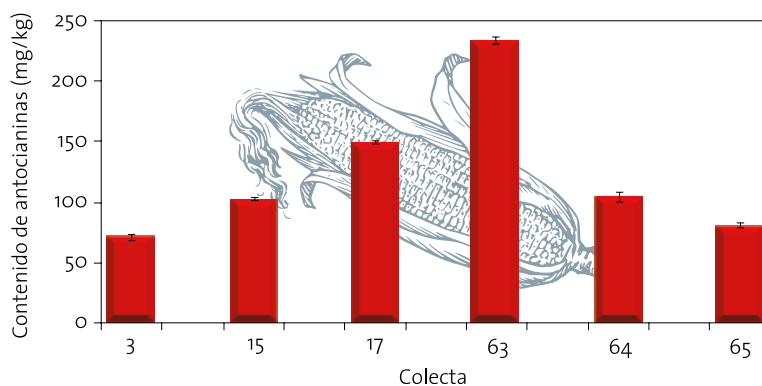
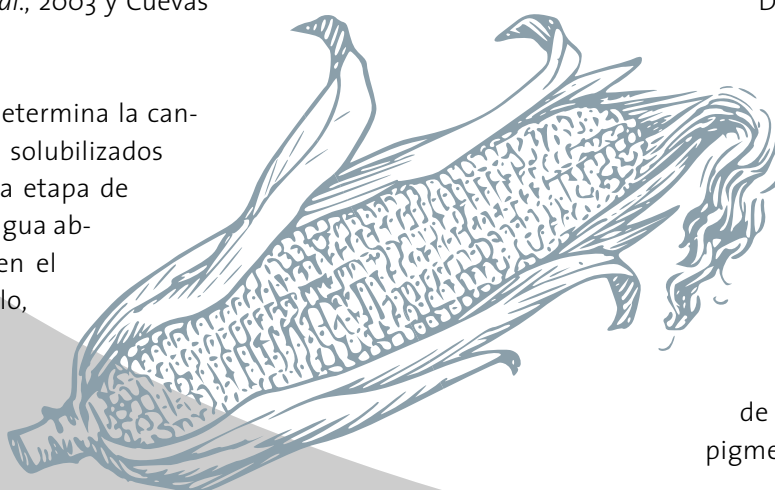


Figura 3.

miento adecuado en tortilla fría debe ser mayor o igual a 1.5 y al menos dos de los maíces azules muestreados cumplieron con este parámetro; otros presentaron buen rendimiento de tortilla, pero no cumplieron con el resto de los estándares de calidad nixtamalera. Para el caso de los maíces rojos, el rendimiento de tortilla fría fue de entre 1.2 y 1.5, y únicamente en uno de estos últimos fue adecuado (mayor o igual a 1.5); en otro más fue alto en masa, pero no en rendimiento de tortilla y, por lo general, las tortillas elaboradas con maíces rojos no presentaron humedad de tortilla (mayor o igual al 43%), ya que los evaluados registraron un rango de 38.9% a 42.9%.

De los maíces guindas, sólo uno registró rendimiento de tortilla de 1.5 y cumple con todas las variables de nixtamalización necesarias para considerarse con calidad masa-tortilla. En el resto, los valores son de entre 1.3 a 1.4. Se puede considerar que los maíces pigmentados de Chiapas tienen



buena calidad masa-tortilla y que el color de la tortilla está en función tanto de las características propias del grano en las que se incluyen, color, facilidad de desprendimiento de pericarpio, proceso de nixtamalización empleado, donde se considera la cantidad de álcali usada y la intensidad de los enjuagues del nixtamal. En los maíces pigmentados se presenta un cambio en el color, debido a la interacción de las antocianinas con el óxido de calcio; éstas cambian de color cuando forman complejos, quelatos o sales con iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, etcétera (Badui, 1999, Salinas *et al.*, 2003).

Maíces azules

La evaluación de color en tortilla es importante, ya que existen grupos de consumidores con preferencias específicas; los valores de luminosidad (L) en los maíces de color azul se encuentran entre 43.44 y 57.95, colecta 47, mientras que el promedio de éste en las tortillas elaboradas con estos maíces fue de 49.68. (Cuadro 2, Figura 4).

La brillantez en las tortillas elaboradas a partir de grano color rojo va desde 59.73 hasta 73.94, colecta 14. La brillantez es superior a la de las tortilla azules, ya que el color es menos intenso. El valor promedio de L fue de 65.78 (Figura 5).

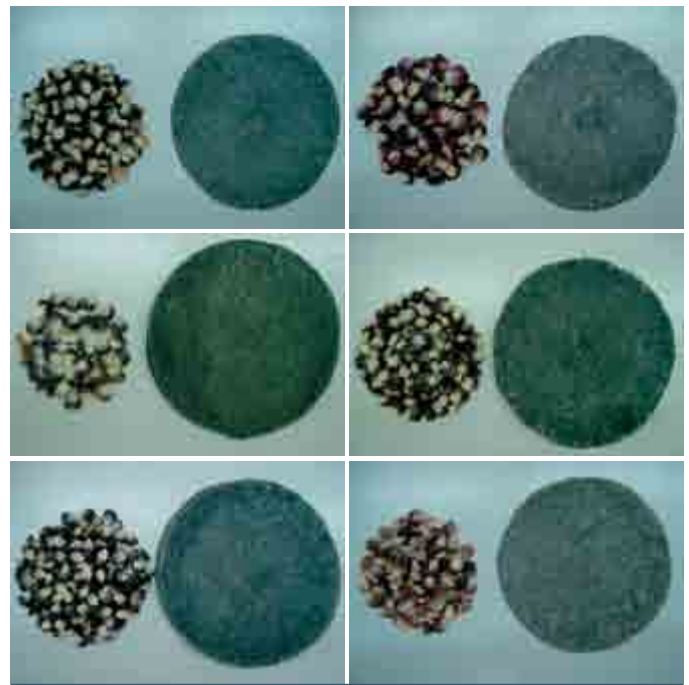


Figura 4. Color de tortilla obtenida de maíces azules con diferente tonalidad.

Cuadro 2. Atributos de color en tortillas elaboradas a partir de maíces de color azul

Accesión	L	a	b	± desviación estándar
2	53.47	-3.06	4.84	1.04
8	53.81	-4.61	2.28	1.32
9	46.68	-3.66	1.50	0.8
10	43.54	-4.35	2.10	1.41
19	53.25	-4.49	2.43	0.48
21	47.18	-3.59	0.75	0.36
25	56.47	-2.52	1.80	1.1
26	48.47	-3.81	0.76	0.83
30	56.16	-5.42	5.35	0.98
35	49.88	-5.34	2.47	0.8
42	43.44	-4.69	0.67	0.56
43	44.72	-4.63	-2.40	0.77
44	45.06	-4.58	-1.47	1.46
45	47.64	-3.80	0.79	0.3
47	57.95	-2.89	4.84	0.43



Figura 5. Color de tortilla obtenida de maíces rojos con diferente tonalidad.

Maíces de color “guinda” (rojo oscuro)

Las tortillas elaboradas a partir de maíces guindas tuvieron una luminosidad de 36.36, y los que tuvieron una luminosidad inferior a 41 son aquellos con los que se elaboran tortillas con un color guinda intenso (Figura 6).

La mayor luminosidad en estos maíces tuvo un valor de 64.97 y el promedio de 48.66. En maíces de color rojo y guinda, el pigmento se encuentra en el pericarpio, por lo que hay una importante pérdida durante la nixtamalización, debido a que el pericarpio se solubiliza. Las tortillas elaboradas con éstos últimos presentan un color poco atractivo, ya que desarrollan colores cafés; sin embargo, las accesiones guindas tendieron a generar color rojizo (Cruz *et al*, 2009).

Textura

La textura puede ser definida como una manifestación de las propiedades reológicas de un alimento. Es un atributo muy importante que afecta al proceso de producción, manejo e influye en los hábitos alimenticios y, por tanto, en la elección final del consumidor. La textura de un alimento está en términos de sus características mecánicas y geométricas; la primera se refiere a la reacción del alimento ante el esfuerzo y se subdivide en primarios, como la cohesión, viscosidad, reconstrucción y adhesividad; dentro de los secundarios se encuentran lo quebradizo, correoso y gomoso. Los constituyentes de los alimentos tienen la capacidad de interactuar a través de sus diferentes grupos, dando como resultado la formación de una estructura tridimensional estable que se refleja en el estado físico, apariencia y textura. Es preferible utilizar métodos instrumentales para evaluar la textura de alimentos en lugar de Análi-



Figura 6. Color de tortilla obtenida de maíces guindas con diferente tonalidad.

sis Sensorial (AS), puesto que pueden realizarse bajo condiciones mucho más definidas y controladas. Para el presente estudio se empleó el texturómetro (TX), obteniendo curvas de fuerza contra tiempo, con lo cual se

calcula la fuerza y elongación de la tortilla (Figura 7).

Se define como dureza a partir de que inicia la aplicación de la fuerza hasta alcanzar el máximo, que es la fuerza

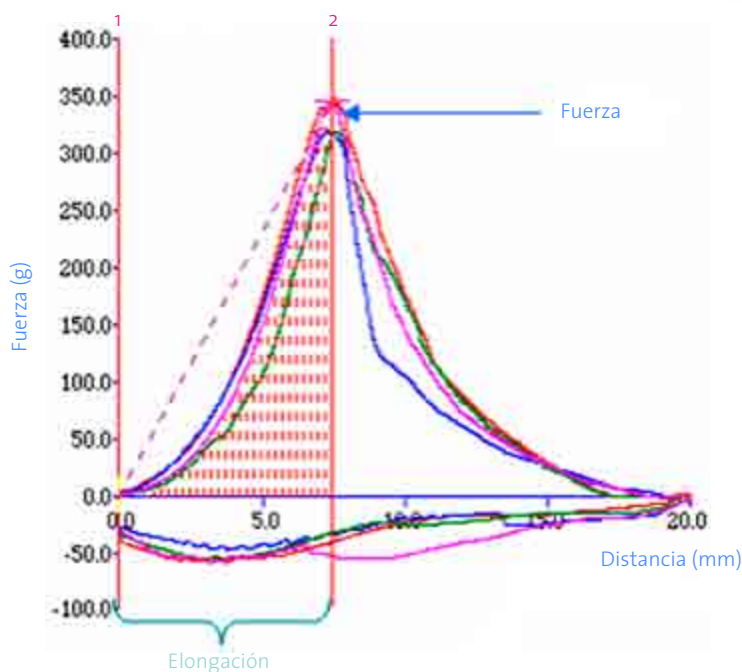


Figura 7. Curva característica del texturómetro.

de ruptura. La pendiente de la curva de fuerza a la tensión, desde el inicio hasta el punto de ruptura de la tortilla, se considerará como la elasticidad. La elongación de la tortilla es considerada como la distancia desde el inicio de la prueba hasta su punto de rompimiento.

El Cuadro 3 presenta los valores de fuerza para las tortillas elaboradas con maíces de color azul, las cuales presentaron valores de fuerza de 220.2 a 599 gf, con promedio de 370.4 gf. De acuerdo con estos datos, las tortillas que requieren una menor fuerza son suaves, mientras que las que requieren mayor fuerza son consideradas como duras. Es deseable que no sean muy duras, pero tampoco muy suaves ya que se desea una textura intermedia para la masticación; de acuerdo con los datos obtenidos, las tortillas con fuerza de entre 300 y 400 son agradables. Seis de los maíces azules evaluados se encuentran entre estos valores.

Elongación se refiere a las propiedades elásticas de las tortillas antes del corte o ruptura de la tortilla; es decir,

Cuadro 3. Textura de las tortillas elaboradas con maíces de color azul.

Accesión	Fuerza	Elongación (mm)	Error fuerza	Error elongación
2	479.4	7.2	2.3	0.4
8	220.2	7.6	4.0	0.1
9	449.5	7.6	6.0	0.4
10	339.5	6.9	12.6	0.1
19	298.2	9.3	14.8	0.3
21	289.3	7.9	19.3	0.1
25	331.0	7.4	1.5	0.3
26	599.0	8.2	11.8	0.0
30	362.7	8.2	3.5	0.0
35	321.6	7.5	0.7	0.1
42	255.8	7.0	1.1	0.1
43	385.6	8.1	11.5	0.3
44	555.9	10.1	4.6	0.2
45	368.7	8.5	7.1	0.3
47	423.5	7.1	6.2	0.0
52	322.0	6.9	11.8	0.0
68	315.9	7.3	17.1	0.4
73	421.3	8.5	3.8	0.1
78	381.4	8.6	7.8	0.4
80	288.4	7.9	5.1	0.5

cuánto resisten antes de romperse, los valores de elongación se encuen-

tran entre 6.9 mm a 10.1 mm. Sólo un tipo de maíz colectado presentó mayor resistencia al corte. Una elongación agradable se considera de entre 7.6 a 8.9, y siete de los maíces azules muestreados se encuentran dentro de ese rango.

La fuerza de la tortilla de maíz rojo fue de 256 a 518 gf, y seis tipos de éstos registraron valores de 300 a 400 g de fuerza; la elongación varió de 6.5 a 10.1 mm (Cuadro 4).

La fuerza de las tortillas guindas varió de 285.3 a 454.3 gf; tres de los maíces colectados tuvieron una fuerza de 300 a 400 gf. La elongación en tortillas elaboradas con maíces de dicho color fue de 8.4 a 10.3 mm (Cuadro 5).

Cuadro 4. Textura de las tortillas elaboradas con maíces de color rojo.

Accesión	Fuerza	Elongación (mm)	Error fuerza	Error elongación
14	437.3	6.7	0.8	0.1
16	393.6	6.5	2.3	0.1
18	256.9	6.5	1.1	0.1
22	256.2	7.5	8.2	0.2
27	329.6	7.4	4.6	0.1
29	421.2	8.9	2.2	0.2
39	422.5	7.6	6.7	0.3
41	380.0	8.5	5.1	0.1
51	355.2	10.1	8.1	0.1
58	323.2	10.0	1.7	0.1
67	518.0	9.4	7.0	0.2
74	395.3	8.4	3.4	0.3

Cuadro 5. Textura de las tortillas elaboradas con maíces de color guinda.

Accesión	Fuerza	Elongación (mm)	error fuerza	error elongación
3	378.3	9.4	0.9	0.6
15	371.0	10.3	12.8	0.2
17	443.0	9.7	3.4	0.1
63	454.3	9.0	9.8	0.4
64	285.3	8.6	6.2	0.1
65	322.6	8.4	3.4	0.0

CONCLUSIONES

Con las características analizadas se puede considerar que existen al menos dos maíces de color azul y dos rojos o guindas que, además de las características industriales, son aptos para el consumo y la elaboración de tortillas y que, además, contienen una cantidad aceptable de antocianinas que pudieran coadyuvar mediante el consumo sistemático y siguiendo una dieta baja en grasas de origen animal a reducir riesgos en la salud humana.

LITERATURA CITADA

- Agama A. E., Marie-Astrid Ottenhof., F. Imad, M., O. Paredes L., J. Ortiz C., y L. Bello P. 2004. Efecto de la nixtamalización sobre las características moléculas del almidón de variedades pigmentadas de maíz. *Interciencia* Vol. 29(11):643-649.
- Aoki H., Kuze N., Kato Y. 2002. Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays* L.) Foods ingredients. *J. Japan*. Vol.199: 41-45.
- Badui S.D. 1999. *Química de los Alimentos*. Ed. Pearson Educación. México. Pp. 35-42.
- Benz B.F. 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz. *PNAS*. 98 (4): 2104-2106.
- Billeb de Sinibaldi A.C., Bressani R. 2001. Características de cocción de once variedades de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Vol.51 (1): 86-94.
- Block G. Patterson B., Subar A. 1992. Fruit, vegetables and cancer preventions: a review of the epidemiological evidence. *Nutr. Cancer* 18:1-29.
- Bressani R., Turcios J., Reyes L. J., Mérida R. 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 51(3):309-313.
- CANAMI. 2009. Estadísticas Nacionales de la producción y destino del maíz en México. Cámara Nacional del maíz industrializado 5p.
- Cruz Ch. F.J., Salinas M.Y., Cadena I.P., Garrido R. E.R. 2009. Informe final del proyecto "Estudio de las propiedades nutraceuticas, industriales y genéticas de los maíces criollos pigmentados en Chiapas. INIFAP-CIRPAS-CECECH. Ocozocoautla de Espinosa.
- Cuevas M.E., Antezana A., Winterhalter P. 2008. Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) Boliviano. *In: Memorias Red-Alfa Lagrotech*. (Comunidad Europea). Cartagena, Colombia. Pp. 79-95.
- Espinosa G.B.B. 2003. Antocianinas en maíces de grano pigmentado (*Zea mays* L.) y medición de su actividad antioxidante. Tesis de licenciatura. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad autónoma Chapingo. 45p.
- Financiera Rural. 2009. Monografías del maíz grano. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. México D.F. 2 p.
- Fossen T., Cabrita L., Andersen O.M. 1998. Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. *Food Chemistry* 63(4): 435-440.
- Gomes H.J. 1993. Métodos comparativos para determinar dureza en maíz (*Zea mays* L.) y su influencia en el tiempo de nixtamalización. Tesis de licenciatura. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. México. 65p.
- Gross J. 1987. *Pigments in fruits*. Academic Press N.Y. Pp. 59-63.
- Halliwell B. 1999. Antioxidant defense mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free Radic Res*. Vol. 31 (4): 261-72.
- Jaakola L., Määttä K., Pirttilä A.M., Törrönen R., Kärenlampi S., Hohtola A. 2002. Expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis in relation to anthocyanin, Proanthocyanidin and Flavonol levels during bilberry fruit development. *Plant Physiology*.130:729-739.
- Kong J.M., Chia L.S., Goh N.K., Chia T.F., Brouillard R. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry* Vol. 64: 923- 933.
- Lee L.S. Chang E.U., Rhim J.W., Ko B.S., Cho S.W. 1997. Isolation and identification of anthocyanins from purple sweet potatoes. *J. Food Sci. Nutr*. 2:83-88.
- Martinez C.V. 2000. El maíz, sus propiedades alimentarias y medicinales del maíz En: *El mundo de las plantas*. Botanical-online. España. Pp. 5-12.
- Mosquera M.O., Niño O.J., Correa M.Y., Buitrago B.D.C. 2005. Estandarización del Método de Captura de Radicales Libres para la Evaluación de la Actividad Antioxidante de Extractos Vegetales. *Scientia et Technica*. 11:125-132.
- Pietta P.G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod*. Vol. 63 (7): 1035-1042.
- Rodríguez-Saona L. Wrolstad R.E. 2001. Extraction, Isolation and Purification of Anthocyanins. *In: Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley and sons. Pp. 1-45.
- Salinas M.Y., Martínez B F., Soto H.M., Ortega P.R., Arellano V J.L. 2003. Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. *Agrociencia*. Vol.37 (6): 617-628.
- Salinas M.Y., Rubio H.D., Díaz-Velázquez A. 2005. Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea mays* L.) como colorante del yogur. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 55(3): 125-1129.
- Vazquez J.L. 2003. Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. *Agrociencia*. 37:617-628.
- Wagner G.J. 1982. Cellular and subcellular localization in plant metabolism. Recent advance in Phytochemistry. Creasy L. L and Hrazdina G. (eds). Plenum Press, New York and London. Pp.1-45.
- Wang H., Cao G., Prior R.L. 1997. The oxygen radical absorbing capacity and anthocyanins. *J. Agric. Food Chem*. 45:304-309.
- Wang H., Fair M.G., Chang Y.C., Booren A.M., Gray J.I, Dewitt D.L. 1999. Antioxidante and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglicons, cyanidin, from a tart cherries. *J. Nat. Prod*. 62(2):294-296.
- Yau J.C., Waniska R.D., Rooney L.W. 1994. Effects of food additives on storage stability of corn tortillas. *Cereal Foods World*. 39:396-402.
- Zhao X., Chao-Zhang C., Guigas Yue M., Corrales M., Tauscher B., Xiaosong H. 2009. Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *Eur Food Res. Technol*. 228:759-765.