

## Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea mays L.*) como colorantes en yogur

Yolanda Salinas Moreno, David Rubio Hernández y Antonio Díaz Velázquez

Laboratorio de Maíz. INIFAP., Depto. de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México

**RESUMEN.** El objetivo del presente trabajo fue determinar el uso potencial de las antocianinas extraídas de granos de maíz, como colorantes en yogur. Se emplearon cuatro variedades nativas de maíz (Arrocillo, Peruano, Purepecha y Cónico), que posee alta concentración de antocianinas en el pericarpio y en la capa de aleurona. Estas estructuras del grano se separaron mecánicamente con ayuda de una perladora de cebada Strong-Scott, obteniendo la fracción pericarpio-capas de aleurona (FPCA), que se caracterizó en términos del contenido total de antocianinas, y se obtuvo su perfil de antocianinas mediante HPLC. Las antocianinas extraídas de la FPCA fueron añadidas a un yogur natural comercial, en concentración de 1 mg/100 g de yogur. Las muestras de yogur coloreadas se almacenaron bajo condiciones de refrigeración ( $4^{\circ}\text{C} \pm 1$ ) durante 25 días y se les midió color y pH cada 5 días. El más alto contenido de antocianinas se obtuvo en la FPCA del maíz Peruano y fue de 259.4 mg/100 g de muestra. El color del yogur obtenido con los cuatro extractos fue diferente. Los coloreados con los extractos de los maíces Peruano y Arrocillo mostraron un tono rojizo más intenso que los obtenidos con los de Cónico y Purepecha. El color de los yogures se mantuvo sin cambios durante los primeros cuatro días, pero entre los días 5 y 10 de almacenamiento, cambió a una tonalidad más amarillenta, al incrementarse los valores de Hue. Sin embargo, estos cambios no fueron visualmente evidentes, por lo que es posible el uso de los pigmentos del grano de maíz para teñir alimentos de acidez intermedia como el yogur.

**Palabras clave:** Antocianinas, maíz, color, pH, yogur, pigmentos naturales.

**SUMMARY.** Extraction and use of pigments from maize grains (*Zea mays L.*) as colorants in yogurt. The aim of the present work was to determine the potential use of anthocyanins from maize grains as colorants in yogurt. Pigments were extracted from four native maize varieties (Arrocillo, Peruano, Purepecha and Cónico), which possess a high anthocyanin concentration in the pericarp. Pericarp and aleurone layer were mechanically removed from grain using a Strong-Scott barley pearled. Yields of pericarp and aleurone layer fraction (PALF) were evaluated. Total anthocyanin content in this fraction was determined by a conventional spectrophotometric method and the anthocyanin profile was obtained by HPLC. One mg of anthocyanin extracts from the PALF was added to 100 g of a commercial plain yogurt. Yogurt samples were kept under refrigerated conditions and color and pH were monitored every 5 days interval, during three weeks. The yields of PALF were 48.4%, 55.1%, 40.2%, and 40.0% for Arrocillo, Peruano, Cónico and Purepecha varieties, respectively. The highest total anthocyanin content (259.4 mg of anthocyanins/100 g sample) was observed in Peruano PALF. The color of yogurts dyed with each of the four extracts was different. Yogurts dyed with Peruano and Arrocillo extracts showed a more intense reddish tone than those dyed with Cónico and Purepecha. After 5 to 10 days under refrigerated storage, the color of all yogurt samples changed to a slight yellowish tone according to the Hue values. Nevertheless, these changes were not visually evident.

**Key words:** Anthocyanins, maize, color, pH, yogurt, natural pigments.

### INTRODUCCION

Actualmente el uso de colorantes sintéticos en alimentos ha sido severamente cuestionado en los países desarrollados, ya que algunos reportes indican que el consumo indiscriminado de estos pigmentos está ligado con el desarrollo de enfermedades degenerativas como algunos tipos de cáncer (1).

De los colorantes que han sido prohibidos destacan los rojos, por lo que las antocianinas son una alternativa importante para sustituirlos. Las antocianinas son el grupo más importante de compuestos hidrosolubles, responsables de los colores rojos, púrpura y azul que se aprecian en flores, frutos y otras partes de las plantas (2). Por años estos compuestos han sido

consumidos por el hombre sin ningún efecto perjudicial evidente. Su incorporación en alimentos tiene la ventaja no sólo de impartir color, sino que por las propiedades antioxidantes que las antocianinas poseen (3), se pueden considerar como alimentos funcionales.

La utilización de estos compuestos como pigmentos en alimentos ha estado limitada por su susceptibilidad, entre otros factores, al pH y a la temperatura (4). De acuerdo al valor del pH, se presenta una variación en el color que adquieren las antocianinas cuando están en solución. Por consiguiente, es posible observar un color rojo o anaranjado a pH ácido de aproximadamente 2 ó menor, un color azuloso a pH entre 2 y 4, predominando la base quinoidal. Con un pH de 5 la antocianina es incolora y presenta la pseudo base carbinol; si

el pH es de 6 se tiene la pseudo base chalcona, que es también incolora. Y cuando el pH se incrementa por arriba de 7, la antocianina se degrada de forma irreversible (5).

El descubrimiento de las antocianinas de tipo acilado, que son más estables a cambios de temperatura y pH que las no aciladas, ha venido a reactivar nuevamente la búsqueda de fuentes naturales de estos compuestos para su uso como pigmentos en alimentos (6,7).

La mayor estabilidad que muestran las antocianinas aciladas a cambios de pH y temperatura se considera que se debe a que los radicales acilo interactúan con los núcleos de flavilium y logran así dar mayor estabilidad a la copigmentación intramolecular, además de prevenir la reacción de hidratación del C2 de la molécula (8).

En maíz se ha reportado la presencia tanto de antocianinas no-aciladas, como aciladas (9), y según reportes de varios autores (10-13), en esta gramínea abundan las de tipo acilado.

México cuenta con una gran cantidad de variedades de maíz que presentan granos de colores morados, azules, rojos y guindas. En estos últimos el pigmento se localiza tanto en el pericarpio, como en la capa de aleurona y el contenido de antocianinas en el grano llega a ser de hasta 1151 mg/kg de muestra (14). En los granos de color guinda, la concentración de antocianinas en el pericarpio alcanza valores de hasta 1.5%, por lo que representan una fuente importante de pigmentos naturales con colores rojos, sin embargo, los trabajos que avalan el uso de estos pigmentos en productos de acidez intermedia como el yogur, son escasos (15). Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron: i) determinar el contenido de antocianinas en la fracción pericarpio-aleurona (FPCA) obtenida de cuatro variedades nativas de maíz de grano color guinda, ii) caracterizar el extracto de antocianinas obtenido de las FPCA, y iii) evaluar la estabilidad de dichos extractos al ser incorporados como colorantes en yogur.

## MATERIALES Y METODOS

**Material de estudio.** Se emplearon las variedades nativas de maíz Arrocillo, Cónico, Peruano y Purepecha, de grano guinda. Se separó el pericarpio y la capa de aleurona del grano (FPCA) mediante una perladora de cebada (Strong-Scott). La separación de estas fracciones del grano requirió determinar el contenido de humedad y tiempo de perlado adecuado, así como el tipo de disco a emplear en la perladora para realizar el perlado. El rendimiento de la FPCA bajo este proceso fue calculado en porcentaje, considerando la cantidad de muestra inicial y el peso de la FPCA obtenida. Cada muestra de maíz se perló por duplicado.

**Antocianinas totales.** La cuantificación de antocianinas totales se realizó en la FPCA obtenida por perlado de cada uno de los maíces. La FPCA se mezcló para homogenizarla y la cuantificación de antocianina total se realizó por duplica-

do, empleando el método descrito por Salinas *et al.* (10).

**Extracción y concentración del pigmento.** La extracción de las antocianinas a partir de la FPCA obtenida de cada muestra de maíz se efectuó usando dos disolventes distintos. Uno fue etanol: ácido acético: agua, en proporciones de 10:1:9; el otro fue metanol: ácido acético: agua, usando exactamente las mismas proporciones. El metanol es más efectivo que el etanol para la extracción de antocianinas (16), aunque su toxicidad impide que se pueda emplear cuando las sustancias extraídas se usarán para consumo humano. Sin embargo, la extracción se realizó con los dos disolventes para comparar los perfiles de antocianinas obtenidos cuando se emplea uno u otro. El extracto de antocianinas que se empleó en el yogur se extrajo a partir de 4 g de FPCA con 80 mL de solvente (mezcla de etanol: ácido acético: agua, 10:1:9 v/v). Se realizaron cuatro extracciones sucesivas. El extracto obtenido de cada muestra, fue concentrado hasta sequedad en un Rotavapor (Laborota 4010, Heidolph Instruments, Germany), a 40°C, y redisolto en ácido láctico al 3% en agua, hasta tener un volumen aproximado de 10 mL. Se colocó en tubos ámbar y se guardó a temperatura de congelación hasta su análisis y/o aplicación al yogur. Se verificó la concentración del extracto antes de aplicarlo al yogur.

**Purificación del extracto de antocianinas.** Se tomó 1 mL de la muestra concentrada para realizar una doble purificación. La primera consistió en hacer pasar el extracto por una columna de Amberlita XAD-7, usando agua acidificada al 5% con ácido acético (A) y metanol acidificado al 5% con ácido acético (B). El primero se usó para lavar la columna y el segundo para liberar los pigmentos retenidos en la columna. Se realizó una segunda purificación, empleando una columna Sephadex LH-20 y un gradiente de elusión con dos solventes (A) MeOH/TFA/H<sub>2</sub>O (19.8:0.2:80.0 v/v) y (B) MeOH/TFA/H<sub>2</sub>O (59.4:0.6:40.0 v/v), realizando la elusión conforme a lo descrito por Fossen *et al.* (11).

**Cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC).** Se usó un equipo HP modelo 1100 (Agilent Technologies, Germany) formado por un inyector manual, una bomba cuaternaria, y un detector UV-Vis. La columna analítica empleada fue una ODS-Hypersil (200 x 5 mm) con un tamaño de partícula de 5 µm. El análisis se realizó usando como solventes HCOOH/H<sub>2</sub>O (1:9) (A) y HCOOH/H<sub>2</sub>O/MeOH (1:4:5) (B). Utilizando un gradiente lineal de 10 % de B hasta 100 % por 17 minutos, seguido de una elusión isocrática por 4 minutos (100% B) y, finalmente, un gradiente lineal de 100 % de B hasta 10% de B por 1 minuto, conforme a lo descrito por Fossen *et al.* (11). Los solventes fueron grado HPLC y se filtraron con membranas de 0.2 µm (Millipore Corporation, M.A.) antes de ser usados. El volumen inyectado fue de 20 L y la velocidad de flujo de 1.2 mLmin<sup>-1</sup> con un tiempo de

corrida de 22 minutos. La identificación de las antocianinas se efectuó mediante el uso de estándares comerciales (Polyphenols, Norway) y por comparación con los resultados obtenidos por Fossen *et al.*, (11), cuyas condiciones de análisis fueron reproducidas en el presente trabajo.

**Concentración de antocianinas empleada para colorear el yogur.** Se midió el color de 5 marcas de yogur de fresa presentes en el mercado (A, B, C, D y E) en términos de los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  que se obtuvieron en un equipo Hunter-Lab miniscan XEPLUS (Mod. PL50). Se calculó el tono o ángulo ( $\theta$ ) por medio de la expresión  $\arctan(b^*/a^*)$ . El "croma" de cada yogur fue calculado como:  $[(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ . Se probaron distintas concentraciones de uno de los extractos de antocianinas (0.1, 0.2, 0.5, 0.8, 1.0, y 1.2 mg de antocianinas (ACN)/100 g de yogur natural) y se eligió la que permitía obtener los valores de croma y tono más parecidos a los de los yogures comerciales de fresa, que se ubicaron en un rango de 13.9-24.5° para tono y de 13.4-19.2 para croma. La concentración seleccionada fue 1 mg de antocianina/100 g de yogur. Dada la variabilidad de los parámetros de color entre los yogures, se eligió como referencia el de la marca "A" con valores de 16.4° y 13.4, para tono y croma, respectivamente.

**Aplicación y evaluación del pigmento en el yogur.** Se definió como unidad experimental 100 g de yogur base, a los cuales se adicionó 1 mg del extracto de antocianinas. El pigmento se incorporó mediante agitación manual. Se establecieron cuatro tratamientos correspondientes a los cuatro extractos de cada una de las muestras de maíz estudiadas y dos repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: pH, color, apariencia física (formación de grumos o gránulos de color). Las mediciones se realizaron el día de preparación de los tratamientos (día cero) y posteriormente cada 5 días a lo largo de 25 días, período que dura la vida de anaquel del yogur. Las muestras se mantuvieron en refrigeración a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Durante el periodo de evaluación se midió el color de una muestra del yogur base empleado para preparar los yogures coloreados para determinar si existían cambios de color que pudieran afectar el de los yogures coloreados.

**Análisis estadístico.** Debido a que la procedencia del material utilizado correspondió a muestras de granos de colectas producidas en ambientes diferentes, se aplicó la prueba de hipótesis para la comparación de medias de poblaciones normales, mediante el estadístico *t* de student (16) para la variable de contenido de antocianinas en la FPCA.

## RESULTADOS

**Rendimiento y contenido de antocianinas en la FPCA.** El rendimiento de la fracción pericarpio-capa de aleurona

(FPCA) para cada uno de los maíces fue diferente, lo mismo que su contenido de antocianinas. Las variedades Peruano y Arrocillo presentaron los mayores rendimientos y también los contenidos de antocianinas más elevados, en tanto que los menores rendimientos y contenidos de antocianinas se observaron en Cónico y Purepecha (Tabla 1). Se determinó que sólo se requieren dos extracciones sucesivas para agotar más del 90 % del pigmento presente en la FPCA.

TABLA 1  
Rendimientos de la fracción pericarpio y capa de aleurona (FPCA) y contenido de antocianinas totales en cuatro variedades de maíz

Variedad	Rendimiento de FPCA (%)	Contenido de antocianinas (mg/100 g de FPCA)
Peruano	55.1	259.4
Arrocillo	48.4	250.8
Purepecha	40.0	193.2
Cónico	40.2	135.2

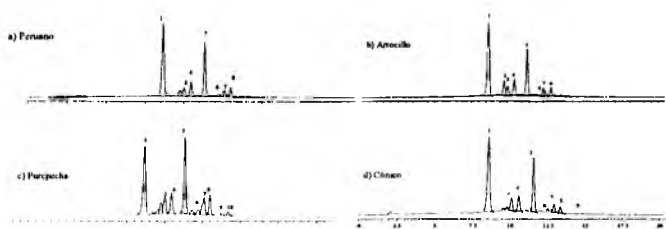
La comparación de medias de poblaciones normales, mediante el estadístico *t* de Student, con  $\alpha=0.01$  y  $(n_1+n_2-2)=2$  grados de libertad, mostró que no existen diferencias significativas del contenido de antocianinas en la FPCA entre las variedades Arrocillo y Peruano, pero si entre estas dos muestras y la FPCA de las variedades Purepecha y Cónico.

**Perfil de antocianinas en los extractos del grano de maíz.** El perfil de antocianinas en los cuatro extractos provenientes de los maíces Arrocillo, Cónico, Peruano y Purepecha fue el mismo, variando únicamente la proporción de cada una de ellas (Figura 1). Se observaron entre 8 y 10 diferentes antocianinas, de las cuales se identificaron cinco. Los picos 1 al 4 corresponden a antocianinas no aciladas, dentro de las cuales se halla en mayor proporción la cianidina 3-glucósido (pico 1); están presentes también pelargonidina 3-glucósido (pico 3) y peonidina 3-glucósido (pico 4). Estas tres antocianinas han sido previamente identificadas por otros investigadores en granos de maíz morado (17) e inflorescencias rojas de maíz (11). Las antocianinas aciladas identificadas fueron: cianidina 3-(6''malonilglucósido) (pico 5) y cianidina 3-(3'', 6'' dimalonil glucósido) (pico 7). La proporción de antocianinas aciladas en los extractos etanólicos de las variedades de maíz estudiadas fue menor que la obtenida cuando se empleó en la mezcla de extracción el metanol. Los porcentajes relativos de antocianinas aciladas obtenidas con metanol fueron: 54.7, 38.1, 55.2 y 63.3% para las variedades Peruano, Arrocillo, Purepecha y Cónico, respectivamente, mientras que con etanol se obtuvo: 29.9, 28.9, 47.3 y 34.4 % para las mismas variedades. Estos resultados coinciden con lo informado

por Yong-Ju y Howar (16), con relación a que el metanol es más efectivo para extraer antocianinas del tipo acilado que el etanol.

FIGURA 1

Perfil de antocianinas observado en extractos etanólicos del grano de maíz. La identificación de las antocianinas es como sigue; cianidina 3-glucósido (1), pelargonidina 3-glucósido (3), peonidina 3-glucósido (4), cianidina 3-(6'' malonilglucósido) (5) y cianidina 3-(3'',6'' dimalonil glucósido) (7)



La hidrólisis del extracto de antocianinas de cada uno de las muestras permitió identificar las agliconas de las que derivan las antocianinas presentes, y que fueron: cianidina, pelargonidina y peonidina (datos no mostrados), hallándose en mayor proporción la primera de ellas.

#### Color de los yogures y estabilidad de las antocianinas.

El pigmento se incorporó fácilmente y en forma homogénea en el yogur, sin que se observara la formación de puntos de color, durante los 25 días de evaluación. Tampoco se observó sinéresis (separación de fases) del color o migración del colorante hacia el suero del yogur. El color de los yogures coloreados con cada uno de los cuatro extractos fue diferente desde el primer día, no obstante que la concentración de antocianinas incorporada al yogur fue la misma para todos (Tabla 2). La luminosidad del yogur coloreado con los extractos de Arrocillo y Peruano fue menor que la registrada en los yogures coloreados con los extractos del grano de las variedades Cónico y Purepecha, pero en todos los casos el valor de esta variable fue mayor que la del yogur comercial de fresa "A", empleado como referencia. Los valores de tono o matiz para los yogures coloreados con los dos primeros extractos fueron menores de 21°, que corresponden a un color rojo con tonalidades de rosa. En el caso del yogur coloreado con los extractos de Cónico y Purepecha, los valores del tono o matiz fueron de 35.4 y 30.4°, respectivamente, y el color se observó menos intenso.

Durante los primeros 10 días de almacenamiento se observaron los mayores cambios de color en los yogures. La luminosidad se incrementó un 16% promedio en los cuatro yogures, entre los días 1 y 5. Sin embargo, regresó a sus valores iniciales en la evaluación efectuada el día 10 de almacenamiento y se mantuvo con pequeñas variaciones hasta el final de periodo de almacenamiento (datos no mostrados). El tono

o matiz presentó un ligero incremento entre los días 1 y 5, que se acentuó entre los 5 y 10 días de almacenamiento (Figura 2). A partir de esta fecha, los valores para los cuatro yogures se mantuvieron sin mayores cambios hasta el final del período de evaluación. En el período de almacenamiento estudiado, los valores de croma decrecieron ligeramente tanto en los yogures teñidos como en el natural usado como testigo (datos no mostrados).

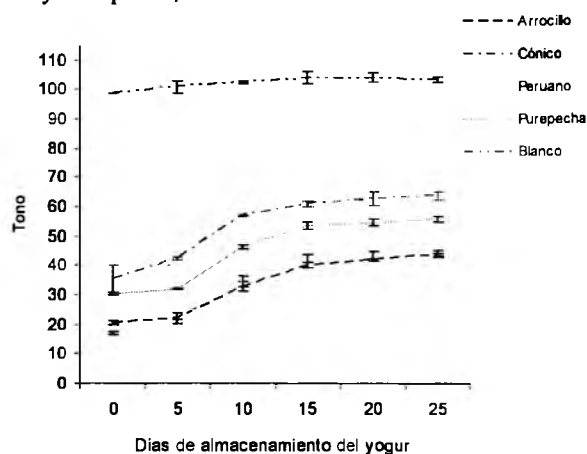
TABLA 2

Color de los yogures teñidos con los extractos de antocianinas de las cuatro variedades de maíz bajo estudio, al inicio y final del periodo de evaluación

Maíz	Valores iniciales			Valores finales		
	L	Hue	Croma	L	Hue	Croma
Arrocillo	81.6	20.5	7.4	79.1	43.7	6.0
Peruano	82.4	16.9	7.4	82	44.2	5.7
Purepecha	85.4	30.4	6.7	82.6	55.8	5.7
Cónico	87.1	35.4	7.5	81.9	63.7	5.6
Yogur comercial de fresa	78.7	16.4	13.4			

FIGURA 2

Valores de Tono observados en yogures coloreados con los extractos de los maíces Arrocillo, Cónico, Peruano y Purepecha, durante 25 días de almacenamiento

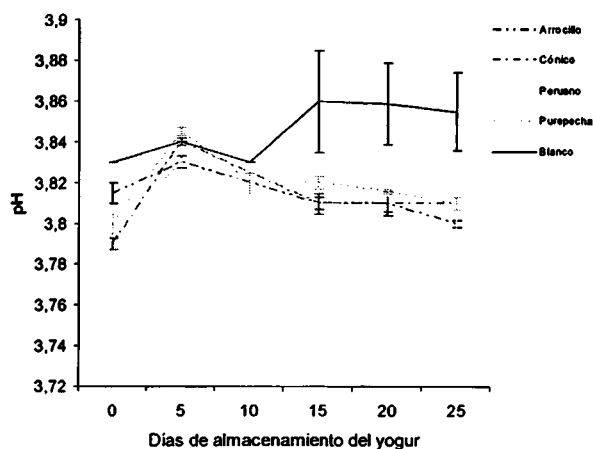


**Cambios de pH en los yogures teñidos.** La variación del pH de los yogures fue de  $\pm 0.04$  unidades, registrándose la mayor durante los primeros 10 días, y manteniéndose estable hasta el final del periodo de evaluación (Figura 3). Entre el día de preparación de los yogures coloreados (día 0) y el primer muestreo de color (día 5), el valor de pH se incrementó  $+0.04$  unidades en promedio sin que se observaran efectos importantes sobre el color de los yogures en función del tono

(Figura 2). A partir de esta fecha, el pH de los yogures coloreados presentó valores similares a los iniciales y se mantuvieron así hasta el final del periodo de evaluación.

FIGURA 3

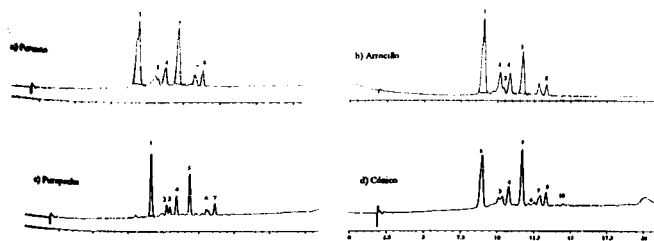
Valores de pH observados en yogures teñidos con los diferentes extractos, durante un periodo de almacenamiento de 25 días



**Antocianinas en el yogur al final del período de almacenamiento.** En la Figura 4 se muestran los perfiles de antocianinas presentes en cada una de las muestras de yogur después de los 25 días de evaluación. Las únicas dos antocianinas que se detectaron bajo las condiciones de análisis establecidas, fueron cianidina 3-glucósido (pico 1), y cianidina 3-(6''malonilglucósido) (pico 5). Aunque se apreciaron otros picos en el cromatograma, no fueron integrados por el equipo por hallarse en muy baja cantidad.

FIGURA 4

Perfil de antocianinas observado en los yogures teñidos con los cuatro diferentes extractos de los maíces: a) Peruano, b) Arrocillo, c) Purepecha y d) Cónico, al final de la evaluación. Cianidina 3-glucósido (1), pelargonidina 3-glucósido (3), peonidina 3-glucósido (4), cianidina 3-(6'' malonilglucósido) (5) y cianidina 3-(3'',6'' dimalonil glucósido) (7)



## DISCUSION

La humedad óptima de perlado de los granos osciló entre 10% y 12%, con valores mayores el grano se rompe fácilmente, dificultando la separación del pericarpio o bien se tienen pérdidas de antocianinas por solubilización. Esto último se observó con una humedad de 14%. Los tiempos de perlado más adecuados fueron de 10, 8, 6 y 2 min para las variedades Purepecha, Cónico, Arrocillo y Peruano, en ese orden. Estos tiempos se determinaron considerando la eficiencia en la remoción de las estructuras del grano y la integridad del mismo. La textura del endospermo influyó en la eficiencia del perlado. El maíz que mejor se perló fue la variedad Arrocillo, que es de grano duro. De acuerdo a los resultados, para separar el pericarpio y la aleurona de granos de textura dura, mediante una perladora, es recomendable el uso de discos sólidos con superficie fina, ya que la estructura del grano permite que el pericarpio y aleurona sean "raspados" de la superficie, conservándose la integridad del grano. Los maíces de granos suaves o de dureza intermedia, como Cónico y Purepecha, se perlan mejor usando un disco de aletas, cuyas delgadas lijas raspan el pericarpio sin romper el grano. Una excepción fue el maíz Peruano, que siendo de grano suave (endospermo 100% harinoso) mostró mejores resultados de perlado con el disco sólido fino, situación que posiblemente se deba a las características del pericarpio en este maíz, ya que fue más grueso que el de los demás maíces (datos no mostrados).

Las cantidades de antocianinas encontradas en la FPCA de las variedades de maíz analizadas son elevadas comparadas con otras fuentes de obtención de antocianinas estudiadas hasta ahora, como rábano rojo (6) y papa morada (5) en las que los valores informados son de 193 mg de antocianinas (ACN)/100 g de cáscara y 40.3 mg de ACN/100 g de tubérculo, respectivamente.

La mayor proporción de antocianinas aciladas extraídas de la FPCA al emplear en la mezcla de solventes metanol puede representar una desventaja para el aprovechamiento industrial de los pigmentos del grano de maíz con aplicación en la industria de alimentos, en cuya extracción se emplea etanol, ya que son precisamente las antocianinas del tipo acilado las más estables a cambios de pH y temperatura (3, 4), pero son las que se extraen menos eficientemente.

El extracto de antocianinas de los cuatro maíces presentó un perfil cromatográfico similar, variando únicamente la proporción de algunas de ellas. Sin embargo, el color que adquirieron los yogures al aplicarles la misma cantidad de antocianinas fue diferente. Los coloreados con los extractos de los maíces Arrocillo y Peruano presentaron un tono diferente estadísticamente al de los coloreados con Cónico y Purepecha. Estas diferencias pudieran deberse a los copigmentos presentes en cada extracto, que son los que en

última instancia determinan y estabilizan el color (19).

Ninguno de los yogures coloreados con los extractos de antocianinas igualó los estándares de color del yogur comercial de fresa usado como referencia, ya que la industria emplea mezclas de colorantes para lograr los colores que desea, por lo que sería muy difícil con un solo extracto alcanzar tales valores.

El incremento en el valor de tono indica que el color de los yogures cambió hacia un tono menos rojizo y más amarillo. Se monitoreó el color en el yogur base empleado para los diferentes tratamientos de teñido, encontrando que el valor de tono no se modificó durante el período de evaluación, manteniendo un tono amarillo-verdoso, por lo que los cambios observados en los yogures coloreados se atribuyen a la degradación de las antocianinas del extracto (Figura 2). Las antocianinas que se hallaban en menor proporción en el extracto original ya no fueron detectadas por el equipo de HPLC en el yogurt al final del periodo de evaluación, sino únicamente las que se encontraban en mayor proporción y a cuya presencia podría atribuirse el color que el yogur mantuvo durante el periodo de almacenamiento.

### CONCLUSIONES

El contenido de antocianinas en la FPCA obtenida de los cuatro maíces analizados, es comparable con el informado para otras posibles fuentes de obtención de antocianinas como serían el rábano rojo y la col morada, requiriéndose sólo 1 mg de antocianinas/100 g de yogur para lograr un color similar al de un yogur comercial de fresa, con la ventaja de tener un producto libre de colorantes sintéticos y con una cantidad extra de antioxidantes.

Los mayores cambios de color en los yogures teñidos se observaron durante los primeros 10 días de almacenamiento y consistieron en una reducción del tono rojizo, con disminución de la luminosidad y de la pureza del color, sin embargo estos cambios no fueron evidentes a simple vista, por lo que es viable colorear alimentos de bajo pH con extractos de antocianinas líquidos obtenidos de los granos de maíz estudiados.

### REFERENCIAS

1. Wang F, Couture R, Do CB, Pham TQ, Tong VH. Properties of anthocyanins from grape cell culture. *J Food Sci* 1997; 62(2):246-248.
2. Harborne, J. B. The Anthocyanin pigments. En: Comparative biochemistry of the flavonoids. New York: Academic Press. 1967. p.1-30.
3. Wang H, Fair MG, Chang YC, Booren AM, Gray JI, Dewitt DL. Antioxidante and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglicons, cyanidin, from tart cherries. *J Nat Prod* 1999;62(2):294-296.
4. Markakis, P. Stability of anthocyanins in foods. En: Anthocyanins as food colors. (P. Markakis) ed. New York: Academic Press. 1982. p. 163-180.
5. Brouillard R. Chemical Structure of anthocyanins. En: Anthocyanins as food colors. (P. Markakis) ed. New York: Academic Press. 1982. p. 1-38.
6. Rodríguez-Saona LE, Giusti MM, Wrolstad RE. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. *J Food Sci* 1998;63 (3): 458-465.
7. Giusti MM, Rodríguez-Saona LE, Baggett JR, Reed GL, Durst RW, Wrolstad RE. Anthocyanin pigment composition of red radish cultivars as potential food colorants. *J Food Sci* 1998; 63(2):219-224.
8. Dougall DK, Baker DC, Gakh E, Redus M. Biosynthesis and stability of monoacylated anthocyanins. *Food Technology* 1997; 15 (11): 69-71.
9. Harborne JB, Self R. Malonated cyaniding 3-glucosides in *Zea mays* and other grasses. *Phytochemistry* 1987; 26: 2417-2418.
10. Salinas MY, Soto HM, Martínez BF, González HV, Ortega PR. Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de cuatro razas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 1999; 22:161-174.
11. Fossen T, Slimestad R, Andersen OM. Anthocyanins from maize (*Zea mays*) and reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*). *J Agric Food Chem* 2001; 49:2318-2321.
12. Salas SG. Caracterización de extractos de antocianinas obtenidas del grano de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de licenciatura. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 2003.
13. de Pascual-Teresa S, Santos-Buelga C, Rivas-Gonzalo JC. LC-MS analysis of anthocyanins from purple corn cob. *J Sci Food Agric* 2002; 82:1003-1006.
14. Rubio-Hernández D, Salas-Sánchez G, Salinas-Moreno Y, Ramos-Lobato N. Characterization of anthocyanins extracts from maize (*Zea mays* L.) grains. 2004. En: Pigments in food, more than colours. 3th. International Congress. Jun 14-17. Quimper, France. p. 393-395.
15. Gomes H J. Métodos de control de acidez en yogur. Tesis de licenciatura. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 1999.
16. Infante GS, Zárate LG. Métodos estadísticos. Segunda edición. México: Ed. Trillas;1986.
17. Yong Ju Z, Howar L R. Effects of solvent and temperature on pressurized liquid extraction of anthocyanins and total phenolics from dried red grape skin. *J Agric Food Chem* 2003 (51):5207-5213.
18. Nakatani N, Fukuda H, Fuwa H. Major Anthocyanin of Bolivian purple corn (*Zea mays* L.). *Agric. Biol, Chem.* 1979; 43(2). 389-391.
19. Malien-Aubert C, Dangles A, Amato MJ. Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra and intermolecular copigmentation. *J Agric Food Chem* 2001;49:170-176.

Recibido: 15-06-2005

Aceptado: 27-10-2005