

Contenido polifenólico en productos elaborados con mora (*Rubus glaucus*, *Benth*) y plantas aromáticas

Recibido: 5 de febrero de 2014

Aceptado: 6 de noviembre de 2014

Resumen

El consumo de antioxidantes en la dieta contrarresta enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo; dentro de éstos están polifenoles, moléculas que reducen la concentración de radicales libres, disminuyen la trombosis, activan los macrófagos, inhiben la tendencia a la peroxidación, mejoran la visión, previenen la diabetes e inducen la apoptosis. En consecuencia, este artículo identifica los cambios que sufren los compuestos polifenólicos de una mezcla de mora (*Rubus glaucus*, Benth), hierbabuena (*Mentha piperita* L.), manzanilla (*Matricaria chamomila*, L.) y sábila (*Aloe barbadensis*, Miller) al ser sometida a tratamiento térmico para obtener refresco, néctar, compota, jalea y mermelada; productos que se elaboraron tomando como referencia las resoluciones 11488 de 1984, 15789 de 1984 y 7992 de 1991 del Ministerio de Salud y las *Codex Stan* 1-1985, 247-2005 y 296-2009. El estudio evaluó índice de polifenoles totales (IPT), polifenoles totales por Folin-Ciocalteu (PPT) y antocianinas (At), utilizando un diseño completamente aleatorizado con dos repeticiones; encontrándose que la concentración de estos fitonutrientes es mayor en los productos obtenidos mediante evaporación (jalea, compota y mermelada) que en los preparados con solo pasteurización (refresco y néctar).

Palabras clave: antocianinas, antioxidantes, análisis, hierba buena, manzanilla, aloe vera.

Polyphenolic content in products made from blackberry (*Rubus glaucus*, *Benth*) and aromatic plants

Abstract

The consumption of dietary antioxidants counteract chronic diseases associated with oxidative stress; within these are polyphenols, molecules that reduce the concentration of radical free, it decrease thrombosis,

•••••

¹ Ingeniera Química. Docente del Programa de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. gonzalez.gloria@uniagraria.edu.co; gloria_blair@yahoo.com

² Ingeniera de Alimentos. Programa de Ingeniería de Alimentos. Alimentos Polar Colombia S.A.S. Bogotá, Colombia.

activate macrophages, inhibit the tendency to peroxidation, improve vision, prevent diabetes and induce apoptosis. In consequence, this article identifies changes that suffer the polyphenolic compounds in a mixture of blackberry (*Rubus glaucus*, Benth), spearmint (*Mentha piperita*, L.), chamomile (*Matricaria chamomila*, L.) and aloe vera (*Aloe barbadensis*, Miller) to be subjected to heat treatment to obtain squash, fruit nectar, stewed blackberry, jelly and jam; products that were developed with reference to 11488-1984, 15789-1984 y 7992-1991 resolutions of Ministry of Social Protection and *Codex Stan* 1-1985, 247-2005 y 296-2009. This study evaluated index of total polyphenols (IPT), total polyphenols by Folin-Ciocalteu reagent (PPT) and anthocyanins (At), using a design fully randomized with two replications; found that the concentration of these phytonutrients is greater in the products obtained through evaporation (jelly. Stewed blackberry and jam) than in preparations with only pasteurization (squash and fruit nectar).

Key words: anthocyanins, antioxidants, analysis, menthe piperita, chamomile, aloe.

Introducción

El consumo de frutas juega un papel importante en el mantenimiento de la salud (Ochmian *et al.*, 2009), en la reducción de enfermedades coronarias, en la disminución de riesgos de cáncer (Moreno *et al.*, 2002) y en la prevención de desórdenes relacionados con el envejecimiento (Ochmian *et al.*, 2009). En general, las especies del género *Rubus* se han descrito como fuentes naturales de polifenoles (Marquina *et al.*, 2008) ricas en antocianinas, glucósidos de cianidinas y en algunos casos glucósidos de perlargonidinas (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2010), metabolitos secundarios con actividad antioxidante benéfica para la salud (Marquina *et al.*, 2008).

La mora Andina o mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) es una baya tropical perteneciente a la familia *Rosaceae* (Paucar, 2011) consumida tanto fresca como procesada en forma de pulpas, jugos, conservas, confites, colorantes y mermelada. Es de gran aceptación tanto en el mercado nacional como en el internacional y anualmente, Colombia industrializa cerca de 10.000 toneladas para la producción de jugos, pulpas, salsas, congelados y lácteos (Ruíz *et al.*, 2009). A este fruto, se le ha atribuido actividad laxante, vitaminizante, protectora de los vasos sanguíneos, antiinflamatoria y antioxidante (Araujo *et al.*, 2002). Su consumo, reduce el estrés oxidativo y modifica el perfil lipídico, lo cual conlleva a la

disminución del riesgo de enfermedades causadas por radicales libres y al control del colesterol sanguíneo (Marquina *et al.*, 2008).

Así mismo, en Colombia, plantas aromáticas y medicinales como hierbabuena, manzanilla y sábila, aunque cultivadas, tienen bajo valor agregado pues su transformación industrial está casi ausente (Cardona y Barrientos, 2011), pese a que hoy en día, presentan una oportunidad importante en los mercados internacionales (López *et al.*, 2009), entre otros, por su contenido de polifenoles (González, 2013; Muñoz *et al.*, 2012 y Domínguez *et al.*, 2012).

Químicamente, los polifenoles son compuestos que tienen al menos un anillo aromático al que están unidos uno o más grupos hidroxilo (Collado, 2011) y se pueden clasificar de muchas formas, una de ellas incluye seis grupos: 1.- Fenoles y ácidos fenólicos, 2.- Cumarinas, 3.- Lignanósidos, 4.- Flavonoides y compuestos relacionados (incluye las antocianinas), 5.- Taninos y 6.- Quinonas y antracénósidos. Clasificación que comprende desde moléculas aromáticas simples como el aminoácido tirosina hasta estructuras muy condensadas como los taninos (Martínez *et al.*, 2003), capaces de formar fuertes complejos con macromoléculas y minerales (Rodríguez - Durán *et al.*, 2010). Funcionalmente, son poderosos antioxidantes, capaces de proteger las lipoproteínas de baja densidad (LDL) del daño oxidativo, por varias vías: 1.- como antioxidantes propiamente,

atrapando radicales libres; 2.- por su capacidad de inhibir, activar o proteger enzimas específicas en el organismo; 3.- por sus propiedades de solubilidad, las cuales permiten a la molécula localizarse sobre la superficie de la partícula LDL y disminuir el consumo de los antioxidantes propios como la vitamina E y los carotenoides (Sierra, 2012). Su estabilidad térmica varía con su estructura, pH, presencia de oxígeno e interacciones con otros componentes en el sistema (Aguilera, 2009), y su aporte en la dieta puede estar entre 50 y 800 mg/día, dependiendo del consumo de productos que los contienen. Un nivel importante de antioxidantes, se alcanza cuando el consumo es de unos 800 mg/día, lo cual puede conseguirse con una dieta rica en frutas y hortalizas (Collado, 2011).

Como el consumo de antioxidantes en la dieta parece ser de gran importancia para contrarrestar enfermedades crónicas asociadas con el estrés oxidativo (Dai *et al.*, 2009) y algunos compuestos fenólicos reducen la concentración de radicales libres (Collado, 2011), dando lugar a la reducción de trombosis, activación de macrófagos, inhibición de la tendencia a la peroxidación (Moreno *et al.*, 2002), mejora de la visión, prevención de la diabetes e inducción de la apoptosis (Collado, 2011); es importante que en la industria de alimentos, se lleven a cabo, procesos que garanticen la conservación de estas características (González *et al.*, 2013). Así, el presente estudio evalúa el efecto que tiene el tipo de procesamiento aplicado a mora (*Rubus glaucus*, Benth) aromatizada con hierbabuena, manzanilla y sábila (tres plantas aromáticas y medicinales) sobre el contenido de polifenoles, teniendo en cuenta que estos fitonutrientes presentan, de acuerdo con Garzón (2008), baja estabilidad.

Materiales y métodos

Selección de la materia prima

Los frutos de mora (*Rubus glaucus* Benth) fueron adquiridos en el mercado local, con un

grado de madurez adecuado para consumo, color rojo homogéneo y sin daño físico aparente. Las plantas aromáticas: hierbabuena (*Mentha piperita* L.), manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) y sábila (*Aloe barbaensis* Miller), utilizadas para saborizar y enriquecer los productos con polifenoles, se seleccionaron teniendo en cuenta la sanidad y limpieza de hojas y/o tallos.

Proceso de elaboración

Las materias primas, se procesaron para obtener los siguientes productos: refresco, néctar, jalea, compota y mermelada, teniendo en cuenta las resoluciones 11488 de 1984, 15789 de 1984 y 7992 de 1991 del Ministerio de Salud y las *Codex Stan* 247-2005 y 296-2009. Para la adición de las hierbas aromáticas se aplicó la *Codex Stan* 1-1985 (Rev. 1-1991).

En todos los casos, la mora sin peciolo ni pedúnculos, se sometió previo lavado con agua potable, a un proceso de extracción y filtración para obtener pulpa libre de semillas, la cual fue empleada en las formulaciones propuestas (tabla 1).

Caracterización fisicoquímica

Para caracterizar las materias primas frescas (mora y plantas aromáticas) y los productos terminados (refresco, néctar, jalea, compota y mermelada) se evaluaron por quintuplicado, sólidos solubles (SS), pH, acidez titulable y características cromáticas. Los sólidos solubles fueron medidos en refractómetro portátil y expresados como °Brix; el pH se estableció a través de un potenciómetro *Martini instruments* Mi 151; la acidez titulable fue valorada de acuerdo con la metodología de rutina establecida por la NTC 4623 y expresada como porcentaje de acidez de ácido cítrico; finalmente, las características cromáticas se definieron por espectrofotometría visible a 420, 520 y 620 nm, siguiendo el procedimiento descrito por Durán y Trujillo (2008) y calculando la intensidad (IC'

$= A_{420} + A_{520} + A_{620}$), composición ($P_{\text{amarillo-verdoso}} = A_{420} * 100/IC'$, $P_{\text{rojo-púrpura}} = A_{520} * 100/IC'$ y $P_{\text{azul-verdoso}} = A_{620} * 100/IC'$) y tonalidad del color ($T = A_{420}/A_{520}$).

Determinación de compuestos polifenólicos

Índice de polifenoles totales (IPT)

Se obtuvo midiendo la absorbancia de los productos a 280 nm, considerando que el núcleo bencénico característico de los compuestos polifenólicos, tiene a esta longitud de onda, un máximo de absorbancia, debida principalmente a sustancias derivadas de flavononas. Es importante considerar que a esta longitud de onda, vibran, también, compuestos con dobles enlaces carbono – carbono y carbono – oxígeno. La lectura se tomó, luego de diluir la muestra con agua destilada en una proporción de 1:100 y centrifugar durante cinco minutos a 3000 gravedades, acuerde con el método descrito por Durán y Trujillo (2008).

Polifenoles totales por Folin-Ciocalteu (PPT)

Se determinó por espectrofotometría, siguiendo la técnica propuesta por Navarro *et al.* (2006), en la cual la oxidación de los fenoles

presentes en la muestra, causan la aparición de una coloración azulada con máxima absorción a 765 nm, procedimiento que según Pérez (2010) elimina la interferencia del ácido ascórbico y de los azúcares. Los resultados fueron expresados en equivalentes de ácido gálico (EAG/g), utilizando la curva de calibración, $A = 0,0075C + 0,138$ con $r^2 = 0,9743$, donde A es la lectura de absorbancia y C la concentración de ácido gálico.

Contenido de antocianos (At)

Se estableció espectrofotométricamente con el método propuesto por Durán y Trujillo (2008), el cual se basa en la decoloración de las moléculas antociánicas con bisulfito de sodio, reactivo que reacciona con el catión flavilio, probablemente sobre el carbono dos, formando un producto incoloro. La lectura de absorbancia se realiza a 520 nm, después de 20 minutos de adición de reactivos; la lectura se aplica tanto a la muestra como a una solución testigo (blanco de reactivos) y se calcula como antocianos totales (At), así: $At (mg/l) = 875 (A_{\text{testigo}} - A_{\text{muestra}})$.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se planteó como hipótesis nula que el contenido polifenólico de productos elaborados

Tabla 1. Formulación de los productos (porcentajes).

	Refresco	Néctar	Jalea	Compota	Mermelada
Pulpa de mora	10,00	22,00	35,00	45,00	50,00
Agua	74,80	59,00	29,00	24,00	4,00
Azúcar	9,20	13,00	30,00	20,00	40,00
Almidón	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00
Hierbabuena	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Manzanilla	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sábila	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

con mora (*Rubus glaucus*, Benth), sábila (*Aloe barbadensis*, Miller), hierbabuena (*Mentha piperita*, L.) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) no se ve afectado por el procesamiento ($H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_k$) y para su validación, se utilizó un diseño completamente aleatorizado con dos repeticiones, teniendo en cuenta que las unidades experimentales son muy homogéneas. Los datos se reportaron como la media \pm la desviación estándar. Las variables cuantitativas, se evaluaron mediante gráficas dispersión y medidas de correlación; las variables cualitativas, mediante diagramas de barras y medidas de asociación. Los resultados se sometieron a análisis de varianza ($p \leq 0,05$) y cuando se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey.

Resultados y discusiones

Caracterización fisicoquímica

Para evidenciar que las materias primas y los productos procesados se encontraban dentro de los rangos establecidos por la legislación, con relación a °Brix, pH y porcentaje de acidez, se procedió a caracterizar cada una de estas. La

tabla 2 resume las propiedades fisicoquímicas y permite establecer, según la NTC 4106, que la mora tenía un índice de madurez igual a 4,98; es decir, presentaba una madurez adecuada para consumo que garantiza equilibrio entre ácidos y azúcares. De igual forma, los productos obtenidos cumplieron con los parámetros establecidos.

Ahora bien, para establecer cambios de coloración, producto del proceso, se evaluaron las características cromáticas: intensidad colorante (IC'), composición y tonalidad (T).

La primera se obtuvo para cada una de las materias primas y productos trabajados. La figura 1 muestra que la hierbabuena es la materia prima con mayor intensidad colorante y la sábila la de menor. En cuanto a los productos finales, el refresco y el néctar ostentan respectivamente 48,69 y 50,05% de la intensidad colorante de la pulpa de mora, mientras que la compota, jalea y mermelada alcanzan, en su orden, porcentajes de 118,27, 124,80 y 141,50. En la figura 2, se evidencia una relación polinómica, superior a la teórica, entre el porcentaje de fruta y la intensidad colorante.

El análisis de varianza indica que la intensidad colorante se afecta significativamente con el

Tabla 2. Caracterización de materias primas y productos.

Producto		° Brix	pH	Acidez
Materia prima	Mora	8,0 \pm 0,2	3,58 \pm 0,23	2,30 \pm 0,34
	Hierbabuena	1,0 \pm 0,1	5,78 \pm 0,21	0,06 \pm 0,02
	Manzanilla	1,2 \pm 0,1	6,30 \pm 0,18	0,06 \pm 0,03
	Sábila	0,0 \pm 0,0	5,10 \pm 0,19	0,03 \pm 0,0
Productos	Refresco	11 \pm 0,3	3,53 \pm 0,21	0,37 \pm 0,02
	Néctar	15 \pm 0,2	3,43 \pm 0,19	0,62 \pm 0,05
	Compota	30 \pm 0,2	3,32 \pm 0,12	0,94 \pm 0,04
	Jalea	55 \pm 0,4	3,37 \pm 0,22	0,69 \pm 0,05
	Mermelada	60 \pm 0,3	3,39 \pm 0,19	1,07 \pm 0,04

proceso de cocción; y la prueba de Tukey determina que esta intensidad no presenta diferencia significativa entre la jalea y la compota, ni entre el refresco y el néctar. En consecuencia, los tratamientos de pasteurización originan productos menos intensos que los de evaporación.

Con respecto a la composición del color, en la materia prima, predomina el color amarillo mientras que en los productos terminados, sobresalen tanto el amarillo como el rojo. Esta composición puede deberse a la presencia de carotenoides, antocianinas y flavonoides, sustancias que de acuerdo con Cissé *et al.* (2009), Salamanca *et al.* (2011) y Jiménez *et al.* (2011) presentan estabilidad relativa a la temperatura y se degradan al incrementar el tiempo de procesado.

Finalmente, al evaluar la tonalidad (figura 3), se encontró que ésta disminuye al aumentar el contenido de sólidos solubles y la prueba comparativa de Tukey indicó que existe diferencia significativa entre las tonalidades de los productos sometidos a evaporación y los sometidos a pasteurización.

Compuestos polifenólicos

Índice de polifenoles totales (IPT)

La figura 4 muestra el contenido de polifenoles totales establecidos a 280 nm e indica que la hierbabuena es el producto con mayor IPT y la que sábila no tiene. Incrementa, al incrementar en los productos, el contenido de sólidos solubles (coeficiente de correlación de 0,9360), el contenido de pulpa ($r = 0,9090$) y la relación de acidez titulable ($r = 0,8522$).

El análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos; entonces, el tipo de procesamiento térmico origina cambios en el índice de polifenoles totales y de la prueba de Tukey, se infiere que no hay diferencias significativas entre los IPT's de la jalea y la compota, ni entre los IPT's del néctar y el refresco.

Polifenoles totales por Folin-Ciocalteu (PPT)

En la figura 5 se observa que este método detecta la presencia de polifenoles en la sábila

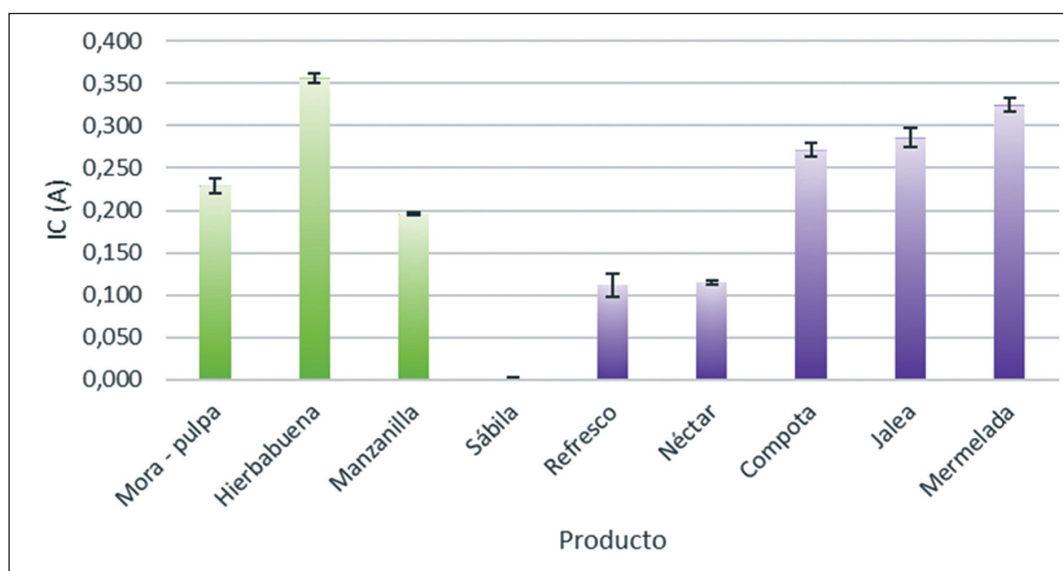


Figura 1. Intensidad colorante de materias primas y productos.

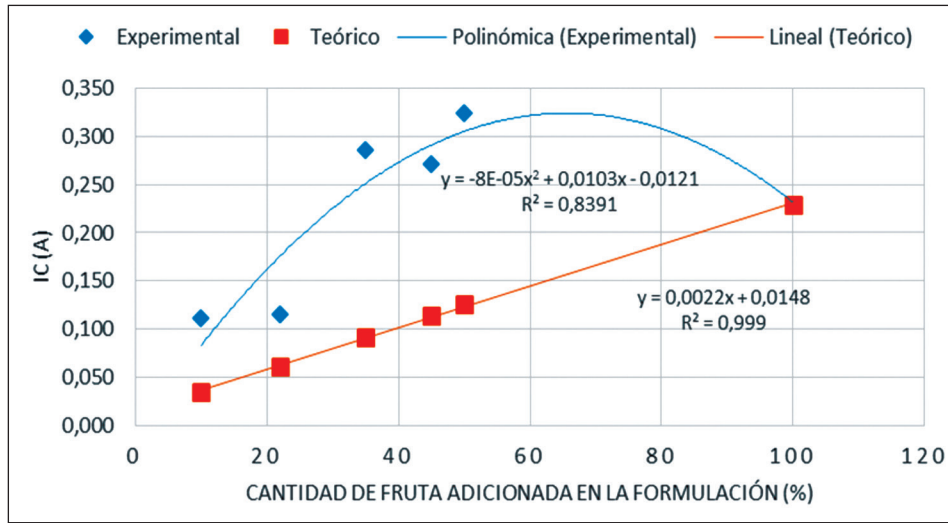


Figura 2. Efecto del contenido de fruta sobre la intensidad colorante.

(24,20 EAG/g), contrario a lo detectado en el método de IPT. El contenido de polifenoles en los productos, presenta correlación con el porcentaje de acidez ($r = 0,9577$) para el rango de 0,37 a 1,07 % de ácido cítrico; al igual que el porcentaje de pulpa ($r = 0,9652$), el cual crece con una pendiente de 0,7755.

De acuerdo con el análisis de varianza, el contenido de PPT se afecta significativamente con el tipo de procesamiento. La prueba de Tukey indica que no hay diferencia significativa entre los PPT presentes en la compota y en la jalea, ni entre los presentes en el néctar y la pulpa. Es de notar que estos valores están por debajo de lo encontrado

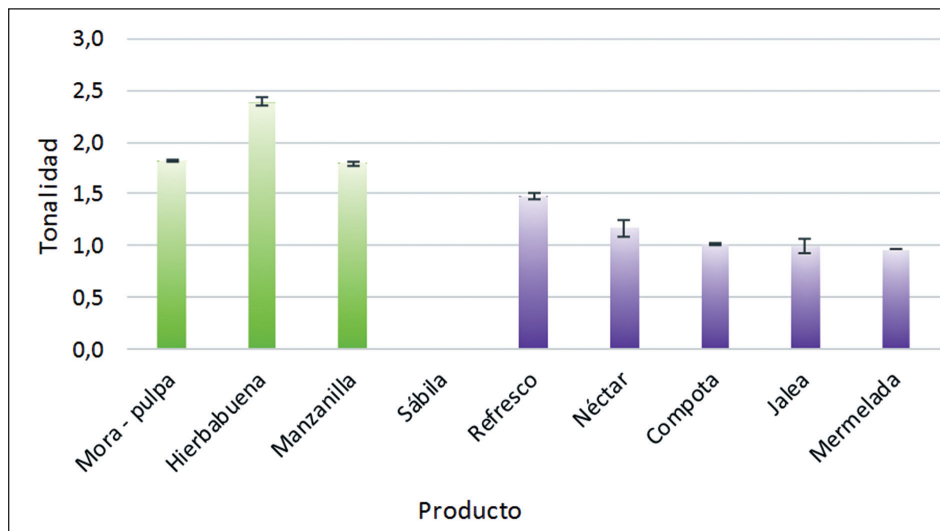


Figura 3. Tonalidad de materias primas y productos elaborados.

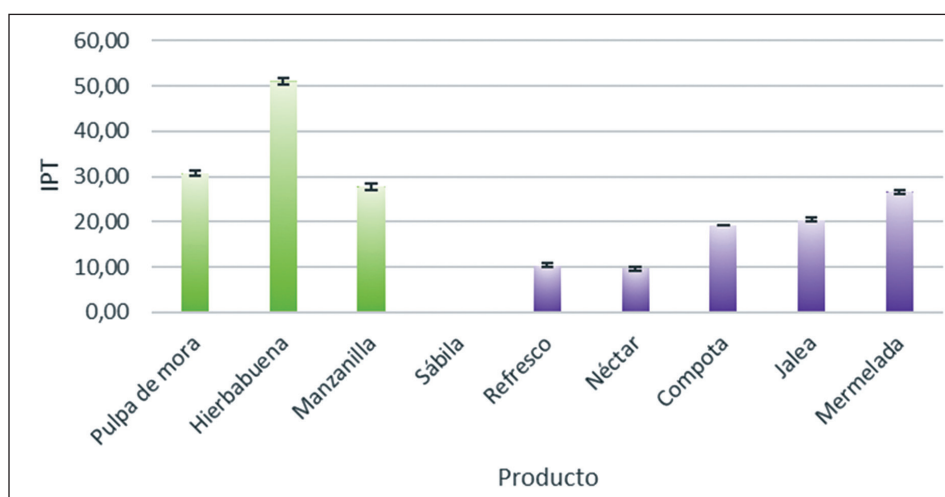


Figura 4. Contenido de polifenoles totales en materias primas y productos.

por Pérez (2010), por Dai *et al.*, (2009) y Angulo (2013) para mora y sus derivados y presentan un comportamiento contrario a lo encontrado por Marquina *et al.* (2008) para la transformación de pulpa de guayaba en mermelada.

Contenido de antocianos (At)

En la figura 6 se observa que ninguna de las plantas aromáticas y medicinales reporta contenido de antocianos, luego éste tipo de estructuras, en los productos finales, proviene de la mora y en consecuencia, su contenido está directamente relacionado con el porcentaje de pulpa utilizado en la formulación ($r^2 = 0,9711$) y con la acidez titulable ($r^2 = 0,8889$).

Es de anotar que la concentración de estos fitonutrientes, encontrada en la materia prima, es el doble de la relacionada por Arozarena *et al.* (2012), las dos terceras partes de la hallada por Cissé *et al.* (2009) y sensiblemente igual a la reportada por Dai *et al.* (2009)

El análisis de varianza indica que los antocianos se ven afectados significativamente con el tipo de procesamiento y la prueba de Tukey corrobora que hay diferencia significativa en el contenido de estas biomoléculas y cada uno de los

productos evaluados, contrario a lo reportado por Rodríguez – Pérez *et al.* (2010) para productos elaborados con zarzamora.

De otro lado, el efecto de los procesos de pasteurización y evaporación sobre la relación antocianinas – color (viraje de tonalidades amarillas a rojas), puede explicarse bien por la formación de grupos metóxilo, o bien por la acilación con ácidos orgánicos (málico, acético, malónico, succínico, oxálico, p-cumárico, caféico, ferúlico, sinápico, o/p-hidroxibenzoico o gálico) de los residuos de azúcar de la molécula antocianina; puesto que el tipo de sustitución glicosídica y de acilación, producen, de acuerdo con Garzón (2008), efectos en el tono de las antocianinas. De otro lado, como el pH de los productos es del orden de 3,3 – 3,4; es posible que gran parte de las antocianinas se encuentre en su forma más estable (ión oxonio o catión flavilio) de color rojo.

Conclusiones

De las tres plantas aromáticas y medicinales evaluadas en fresco, la hierbabuena posee el mayor valor en el índice de polifenoles totales (51,56) y en consecuencia, pueden incluirse en

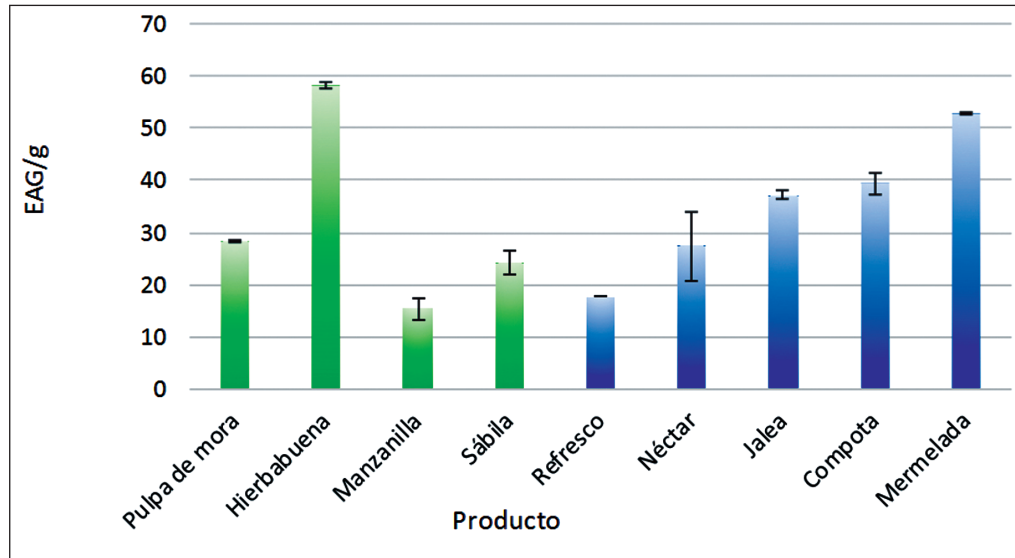


Figura 5. Contenido de polifenoles (Folin Ciocalteu) en materia prima y productos.

otras matrices alimentarias para enriquecerlas en polifenoles.

El tipo de procesamiento térmico origina cambios en el IPT y en los PPT sin diferencia significativa entre la jalea y la compota.

El porcentaje de acidez influye directamente en los polifenoles totales del producto, con correlación de 0,92 y presenta un incremento de 46,313 EAG/g de ácido cítrico.

Hay correlación directa entre los compuestos fenólicos y el porcentaje de pulpa de los productos, incrementando en 0,4 el contenido fenólico por cada unidad de pulpa adicionada.

El tipo de procesamiento térmico origina cambios químicos en el contenido de antocianos de los productos estudiados, los cuales pueden ser de sustitución glicosídica y/o de acilación.

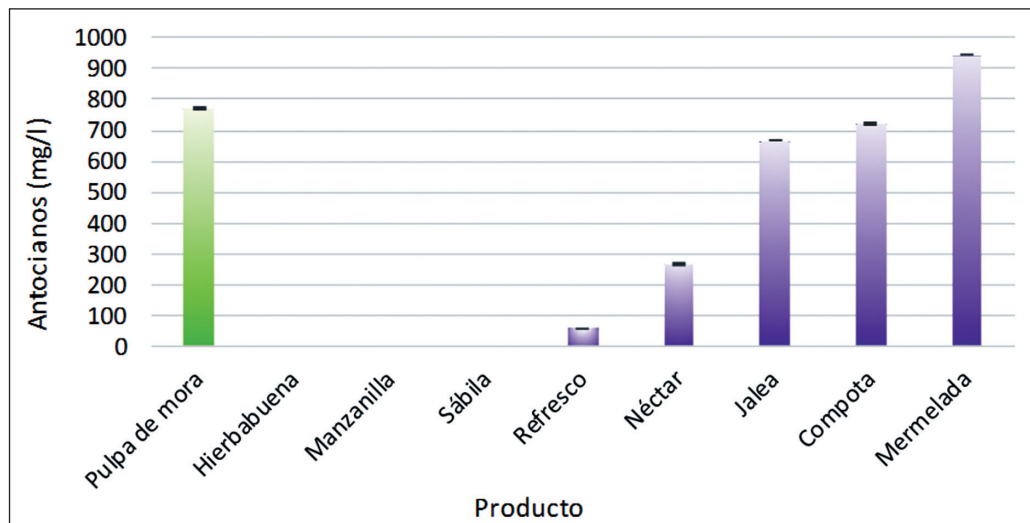


Figura 6. Contenido de antocianinas en la materia prima y en los productos.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, M. Caracterización y estabilidad de las antocianinas de higo (*Ficus carica* variedad Misión), cultivado en ciudad Lerdo Durango, México. Trabajo requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias con Acentuación en Alimentos. Universidad Autónoma de Nuevo León. México, 2009; 138 p.
- Angulo, J. B. Efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de compuestos antioxidantes de mora de castilla (*Rubus glaucus*) sin espinas. Trabajo previo a la obtención del título de Ingeniera de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, 2013; 99 p.
- Araujo, L., Buitrago, D., Marquina, M., Morales, N., Méndez, G., Pernía, T., Sosa, M. Comparación de la actividad anti-inflamatoria de los polifenoles presentes en las futas; Mora (*Rubus fruticosus* B.), Fresa (*Fragaria vesca* L.) y Grapefruit (*Citrus paradisi* M.). Revista de la Facultad de Farmacia. 2002; 44: 64 – 69.
- Arozarena, Í., Ortiz, J., Hermosín, I., Urretavizcaya, I., Salvatierra, S., Córdava, I., Marín, M. R., Noriega, M. J. y Navarro, M. Color, ellagitannins, anthocyanins, and antioxidant activity of andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012; 60: 7463 – 7473.
- Cardona, J. O. y Barrientos, J. C. Producción, uso y comercialización de especies aromáticas en la región Sumapaz, Cundinamarca. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2011; 5 (1): 114 – 129.
- Cissé, M., Vaillant, F., Acosta, O., Dhuique-Mayer, C., Dornier, M. Thermal degradation kinetics of anthocyanins from blood orange, blackberry, and roselle using the Arrhenius, Eyring, and Ball models. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009; 57 (14): 6285 – 6291.
- Codex Stan 1-1985. (Rev. 1-1991). Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados. 1991.
- Codex Stan 247-2005. Codex General Standard for Fruit Juices and Nectars. 2005.
- Codex Stan 296-2009. Norma del Codex para las confituras, jaleas y mermeladas. 2009.
- Collado, J. Identificación de los polifenoles en zumos de frutas rojas. Tesis para optar el título Máster en Ingeniería Ambiental y de Procesos Químicos y Biotecnológicos. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. 2011; 151 p.
- Dai, J., Gupte, A., Gates, L. y Mumper, R. J. A comprehensive study of anthocyanin-containing extracts from selected blackberry cultivars: Extraction methods, stability, anti-cancer properties and mechanisms. Food and Chemical Toxicology. 2009; 47: 837 – 847.
- Domínguez, R. N., Arzate, I., Chanona, J. J., Welti, J. S., Alvarado, J. S., Calderón, G., Garibay, V. y Gutiérrez, G. F. El gel de *Aloe vera*: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2012; 11 (1): 23 – 43.
- Durán, D. y Trujillo, Y. Estudio comparativo del contenido fenólico de vinos tintos colombianos e importados. Vitae. 2008; 15 (1): 17 – 24.
- Garzón, G. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. Acta Biológica Colombiana. 2008; 13 (3): 27 – 36.
- González, G. H., Agudelo, D. A. y Salamanca, Z. A. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos grasos del balú (*Erythrina edulis*) sobre dos matrices alimenticias. Revista de Investigaciones de Uniagraria. 2013; 1 (1): 103 – 111.
- González, M. E. Efecto del estrés hídrico en hierbabuena (*Mentha piperita*) sobre polifenoles y capacidad antioxidante de infusiones. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico en Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México, 2013; 79 p.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC. NTC 4106. Frutas frescas. Mora de Castilla. Especificaciones. Santafé de Bogotá, 1997; 13 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC. NTC 4623. Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable. Santafé de Bogotá, 1999; 10 p.
- Jiménez, D. M., Ortega, A. E., Lozada, J. D., Pérez, M.C. I., Vernon, E. J. y Welti, J. Color and chemical stability of spray-dried blueberry extrac using mesquite gum as wal material. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011; 24: 889 – 894.
- López, L. F., Mejía, D., Gómez, J. A. y Albarra-cín, C. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Cámara de Comercio de Bogotá. Bogotá, 2009; 184 p.
- Marquina, V., Araujo, L., Ruíz, J., Rodríguez, A. y Vit, P. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.), *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2008; 8 (1): 98 – 102.
- Martínez, J. R., De Arpe, C., Urrialde, R., Fontecha, J., Murcia, M. A., Gómez, C. y Villarino, A. Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Servicio de Promoción de la Salud. Instituto de Salud Pública. Consejería de Sanidad. España. 2003; 188 p.
- Ministerio de Salud. Resolución No. 11488 de 1984. Colombia. 1984.
- Ministerio de Salud. Resolución No. 15789 de 1984. Colombia. 1984.
- Ministerio de Salud. Resolución Número 7992 de 1991. Colombia. 1991.
- Moreno, M., Vilorio, A., López, E. y Belén, D. Estabilidad de antocianinas en jugos pasteurizados de mora (*Rubus glaucus* Benth). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2002; 52 (2), 181 -186.
- Muñoz, E. E., Rivas, K., Loarca, M. G., Mendoza, S., Reynoso, R. y Ramos, M. (2012). Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2012; 3 (3): 481 – 495.
- Navarro, A., Pinnoti, A., García, M. y Martino, M. Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos vegetales sometidos a distintos procesos de conservación. Ponencia presentada en el XXII Congreso Interamericano de Ingeniería Química - V Congreso Argentino de Ingeniería Química. 2006.
- Ochmian, I., Oszmiański, J. y Skupień K. Chemical composition, phenolics, and firmness of small black fruits. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2009; 83: 64 – 69.
- Paucar, M. A. Organogénesis directa *in vitro*a partir de expantes de hojas de mora (*Rubus glaucus* Benth). Informe del Proyecto de Investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agropecuario. Sangolquí, Ecuador, 2011; 86 p.
- Pérez, A. Desarrollo de productos que generen valor agregado a partir de cultivos frutícolas subutilizados en América Latina. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement. Francia. 2010. Disponible en: www.cita.ucr.ac.cr/CITa/Documentos/.../A5-521.pdf
- Rodríguez - Durán, L., Valdivia, B., Contreras, J., Rodríguez, R. y Aguilar, C. Química y Biotecnología de la tanasa. *Acta Química Mexicana*. 2010; 2 (4), <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.%204/AQM4quimica.html>

- Rodríguez – Pérez, M. A., Hernández, L. A., Madrigal, L. V., García, D. E., Vásquez, J. Y Velasco, S. Evaluación de antocianinas de la zarzamora (*Rubus eubatus*) en fruta y en conserva. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, 2010; 1371 – 1379.
- Ruíz, M., Urueña, M. A. y Martínez, J. Situación actual y perspectiva del mercado de la mora. Economic Research Service. 2009; Disponible en: http://www.ard.org.co/ABC/Archivos/Mora_Lite.pdf
- Salamanca, G., Osorio, M. P. y Gutiérrez, P. A. Deshidratación y concentración de cremogenados de frutas tropicales mediante ventana refractiva. Presentado en VIII Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos. CIBIA, 2011; 8 p.
- Sierra, L. M. Efecto del tipo de procesamiento sobre el contenido fenólico de productos elaborados con mora (*Rubus glaucus*, Benth) y adicionado con sábila (*Aloe barbadensis*, Miller), hierbabuena (*Menta piperita*, L.) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.). Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería de Alimentos. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá. 2012; 100 p.