

Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas

A. Castañeda-Sánchez* y **J.A. Guerrero-Beltrán**

Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla.

Ex hacienda Sta. Catarina Mártir, C.P.72810, San Andrés Cholula, Puebla, México.

RESUMEN

Las frutas y hortalizas de color rojo presentan un alto contenido de pigmentos, destacando las antocianinas. Los arándanos, frambuesas, fresas, cerezas, rábanos, cebollas rojas y algunas variedades de chile son fuentes ricas en estos productos naturales. Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas con gran diversidad estructural. También presentan actividad antioxidante, disminuyen el daño oxidativo causado por radicales libres y se relacionan con la actividad anticancerígena, antiinflamatoria y antitumoral. Las antocianinas son compuestos muy sensibles a la temperatura, el pH y la luz. El objetivo de este artículo es revisar las características, fuentes naturales, beneficios a la salud y estabilidad de estos compuestos.

Palabras clave: antocianinas, pigmentos rojos, frutas, hortalizas.

ABSTRACT

The red fruits and vegetables present a high content of pigments, the anthocyanins are the most important of them. Cranberries, raspberries, cherries, radishes, red onions and some varieties of chilies are rich sources from these natural products. The anthocyanin's are in the group of flavonoids and are glycosides from the anthocyanidin with high structural diversity. As well have antioxidant activity, decreasing the free radical damage. With anticancerigen, antiinflammatory and antitumor effects. The anthocyanin's are sensitive compounds to changes in temperature, pH or light. Therefore the objective of this article is to review their characteristic, natural sources, health benefits and stability from these compounds.

Keywords: anthocyanins, red pigments, fruits, vegetables.

* Programa de Doctorado
en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2221
Dirección electrónica:
armando.castanedas@udlap.mx

Introducción

El hombre consume productos alimenticios para obtener la energía y los nutrientes necesarios para subsistir, entre los que se encuentran los productos de origen vegetal. Los cuales incluyen a las frutas y hortalizas. Las cuales por su riqueza en vitaminas, minerales y fibra, hacen que su consumo sea imprescindible para conseguir una alimentación sana y equilibrada. Sin embargo, la gran diversidad de especies vegetales existentes hace que su composición sea diferente entre sí.

No obstante, las frutas y hortalizas rojas tales como la uva, pitahaya, rábanos, cebolla roja y chile de árbol; comparten características en común, los flavonoides. Estos compuestos contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y entre los flavonoides se destacan las antocianinas, que son un grupo de pigmentos de color rojo responsables por una variedad de colores atractivos y brillantes en las frutas, flores y hojas. Siendo fuentes de antocianinas, los frutos rojos o frutos del bosque como los arándanos, cerezas, frambuesas o fresas.

Las antocianinas presentan el inconveniente de ser muy inestables y muy susceptibles a la degradación durante el almacenamiento o el procesamiento. Además, son sensibles a factores externos como la luz, el pH y la temperatura. La importancia de las antocianinas radica en su actividad antioxidante. La actividad antioxidante es la capacidad total que tiene una sustancia para disminuir la presencia de los radicales libres y retrasando así el daño oxidativo.

Ejercen efectos terapéuticos conocidos que incluyen la reducción de la enfermedad coronaria, efectos antitumorales, antiinflamatorios y anticancerígenos, además del mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo. De tal forma el beneficio a la salud de las antocianinas es importante para el ser humano, especialmente cuando se encuentran en cantidades apreciables en alimentos de la dieta diaria. Por esta razón, en el presente artículo se hace una revisión de las características, fuentes, actividad antioxidante y estabilidad de las antocianinas.

1. Pigmentos naturales

Los pigmentos se definen como compuestos químicos que absorben luz en la longitud de onda de la región visible. Producir color depende de la estructura molecular específica, esta estructura captura energía y produce excitación electrónica. La energía se refleja o se refracta para ser capturada por el ojo humano y genera impulsos neuronales que se interpretan como color (Vargas, Jiménez y Paredes, 2000).

Los pigmentos se pueden clasificar por su origen como naturales o sintéticos. Los pigmentos naturales se producen por organismos vivos como las plantas, animales, hongos y microorganismos. Sin embargo, los pigmentos sintéticos se obtienen por síntesis química en laboratorio, basándose en las estructuras básicas de los pigmentos naturales, identificadas previamente mediante métodos instrumentales. Además pueden contener sales inorgánicas derivadas del titanio, oro, plata, entre otros (Vargas *et al.*, 2000).

Debido a las diferencias estructurales muy variadas, los colorantes naturales se pueden agrupar en distintas clases. Las tres más importantes son los tetrapirroles, tetraterpenoides y flavonoides (Aberoumand, 2011). Los tetrapirroles presentan un amplio intervalo de colores en tonalidades verdosas. Todos ellos están basados en la misma estructura, el tetrapirrol ya sea en su forma cíclica como clorofilas, o en su forma lineal como fitocromos. De los tetrapirroles biológicos, solamente la clorofila se encuentra en plantas terrestres. Los tetraterpenoides son el segundo grupo de pigmentos más abundantes. Incluyen a los carotenoides que se encuentran presentes en vegetales, bacterias e insectos. Tienen tonalidades que van del amarillo al rojo y pueden ser reactivos por la presencia de dobles enlaces conjugados (Cañizares, Leal, Ramírez, Noyola y Márquez, 1998). Los flavonoides son el tercer grupo de pigmentos, entre los cuales se encuentran las antocianinas.

2. Flavonoides

Los flavonoides son compuestos químicos que comparten un esqueleto común de difenilpirano, compuesto por dos anillos de fenilos ligados a través de un anillo de pirano. En función a sus características estructurales se pueden clasificar en flavanos, flavonoles, flavonas y antocianidinas. La Fig. 1 muestra la numeración de la estructura flavonoide y su clasificación (Martínez, González, Culebras y Tuñón, 2002).

Como se observa en la Figura 1, los anillos de fenilos se identifican con las letras A y B, mientras que el anillo de pirano se identifica con la letra C. Los átomos de carbono en los anillos C y A se numeran del 2 al 8, y los del anillo B desde el 2' al 6'. Los flavanoles, como la catequina, poseen un grupo hidroxilo en la posición tres del anillo de carbono. Los flavonoles, como la quercitina, poseen un grupo carbonilo en la posición cuatro y un grupo hidroxilo en la posición tres del anillo central. Las flavonas, como la diosmetina, poseen un grupo carbonilo en la posición cuatro del anillo central y carecen del grupo hidroxilo en posición del carbono tres. Las antocianidinas, tienen unido el grupo hidroxilo en posición tres pero además poseen un doble enlace entre los carbonos tres y cuatro del anillo central (Martínez *et al.*, 2002).

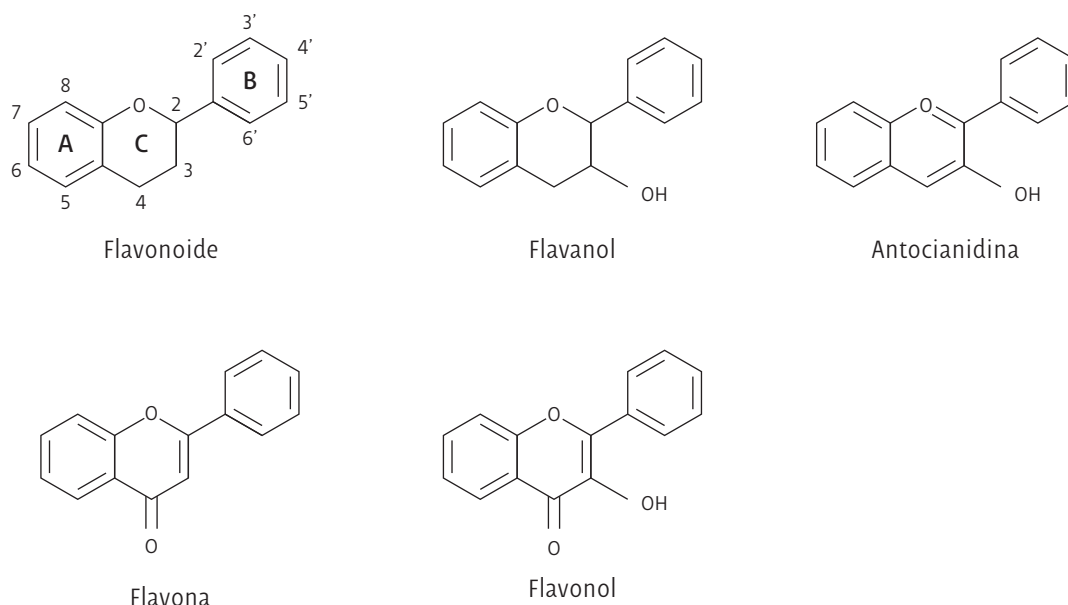


Fig. 1. Clasificación de flavonoides (Martínez *et al.*, 2002)

Los flavonoides son pigmentos naturales que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, constituyendo la mayoría de los colores amarillo, rojo y azul. Son muy importantes para el desarrollo y buen funcionamiento de las plantas, ya que actúan como atrayentes de animales en la oviposición, como agentes protectores contra la luz UV o contra infecciones por organismos fitopatógenos (Cartaya y Reynaldo, 2001).

Se han elucidado más de 5,000 distintos flavonoides en vegetales. En la cereza (*Prunus cerasus* L.) destaca el ácido elálgico. En los rábanos (*Raphanus sativus* L.) se encuentra el kaempferol. Por otra parte, las proantocianidinas son las responsables del color rojo en los arándanos (Escamilla, Cuevas y Guevara, 2009). Los flavonoides poseen propiedades benéficas para la salud. Los efectos antioxidantes han sido las propiedades biológicas de mayor interés, siendo las antocianinas blanco de un gran número de estudios (Pérez, 2003).

3. Antocianinas

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano. Las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas. Están constituidas por una aglicona (antocianidina) unida a una azúcar por medio de un enlace glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio, que normalmente funciona como un catión (Badui, 2006).

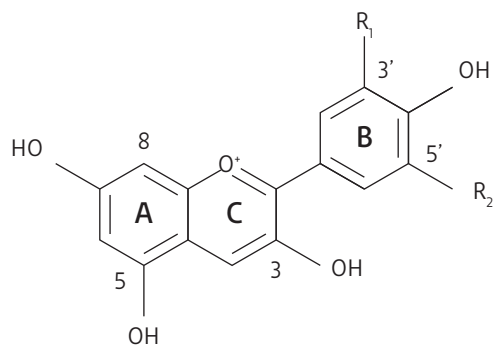
Las antocianinas se encuentran ampliamente en el reino vegetal y son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul. Las antocianinas están presentes en

diferentes órganos de las plantas; tales como frutas, flores, tallos, hojas y raíces. Estos pigmentos son normalmente disueltos uniformemente en la solución vacuolar de células epidérmicas. Sin embargo, en ciertas especies, las antocianinas son localizadas en regiones discretas llamadas antocianoplastos (Aguilera, Reza, Chew y Meza, 2011). Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta, contaminación viral y microbiana (Astrid, 2008).

3.1. Clasificación

La gran diversidad de antocianinas presentes en la naturaleza las convierte en un grupo muy complejo e interesante. Se han reportado alrededor de 635 antocianinas diferentes, con variadas estructuras base. Como se observa en la Fig. 2, las variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianinas más frecuentes en plantas superiores. Las cuales son la pelargonidina, peonidina, cianidina, malvidina, petudina y delfinidina. La pelargonidina tiene dos sustituyentes hidrógeno y es responsable del color rojo. La cianidina tiene un sustituyente hidroxilo y un hidrógeno, es la más común e imparte color magenta. La delfinidina tiene dos sustituyentes hidroxilo y es responsable del color azul. También son muy comunes tres metil éteres, la peonidina derivada de la cianidina, y petunidina y malvidina, basadas en la delfinidina (Estevez y Mosquera, 2009).

Las antocianinas rojas son derivados de la pelargonidina. Como la pelargonidina 3-glucósido antocianina roja mayori-



Antocianidinas	R ₁	R ₂
Cianidina	OH	H
Delfinidina	OH	OH
Pelargonidina	H	H
Petunidina	OMe	OH
Peonidina	OMe	H

Fig. 2. Antocianinas más comunes en la naturaleza (Estevez y Mosquera, 2009)

taria en la cáscara de pitahaya. Y la pelargonidina 3-rutinósido antocianina roja en las fresas. Otra antocianina roja común es la pelargonidina 3-soforósido-5-glucósido presente en el rábano rojo. La Fig. 3 muestra algunas antocianinas comunes de color rojo (Crozier, Jaganath y Clifford, 2009).

La distribución promedio de antocianinas en vegetales es de cianidina en un 30%, delfinidina en un 22%, pelargonidina en un 18%, peonidina en un 7.5%, malvidina en un 7.5% y petunidina en un 5%. La diversidad de antocianinas puede incrementar en base a la naturaleza y al número de azúcares unidos a la antocianidina (Clifford, 2000).

Por otra parte, las antocianinas presentan sustituyentes glucósidos. Moléculas adicionales de azúcar se pueden unir en las posiciones 5 y 7, y raramente en las posiciones 3' y 5'. Los derivados glucósidos más comunes en la naturaleza son los 3-monósidos, 3-biósidos, 3,5 y 3,7-diglicósidos. Un 90% de las antocianinas contienen glucosa como única azúcar acompañante (Estevez y Mosquera, 2009).

Otra posible variación es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los derivados acilados se unen aún más a los azúcares, incluyendo los ácidos cinámicos como el cafeico, P-cumárico, ferúlico y sináptico. Así como los ácidos alifáticos como el acético, málico, malónico, oxálico y succínico (Castañeda, Pacheco, Paez, Rodríguez y Galan, 2009).

3.2. Fuentes naturales de antocianinas

Las antocianinas se encuentran ampliamente distribuidas en vegetales rojos. Como es el caso de los pigmentos rojos en rábanos, cebollas rojas, cerezas, frambuesas, arándanos, entre otros. La uva en ocasiones es considerada como un fruto más de color azul o morado.

Las cerezas (*Prunus cerasus* L.) son un fruto importante por su contenido de antocianinas. Gao y Mazza (1995) encontraron 19 miligramos, Wang *et al.* (1999) reportaron 18 miligramos y Kim, Heo, Kim, Yang y Lee (2005) encontraron 30.5, 42.4 y 49.1 miligramos de antocianinas por 100 gramos de material vegetal. En este último estudio se analizaron las variedades Balaton, Danubio y Sumandika, por lo que difiere de los primeros estudios en donde se analizó la variedad Kentish Red. En otros estudios, Šimunić, Kovač, Gašo-Sokač, Pfannhauser y Murković (2005) encontraron que la cianidina 3-glucosilrutinosido es la antocianina mayoritaria de la cereza.

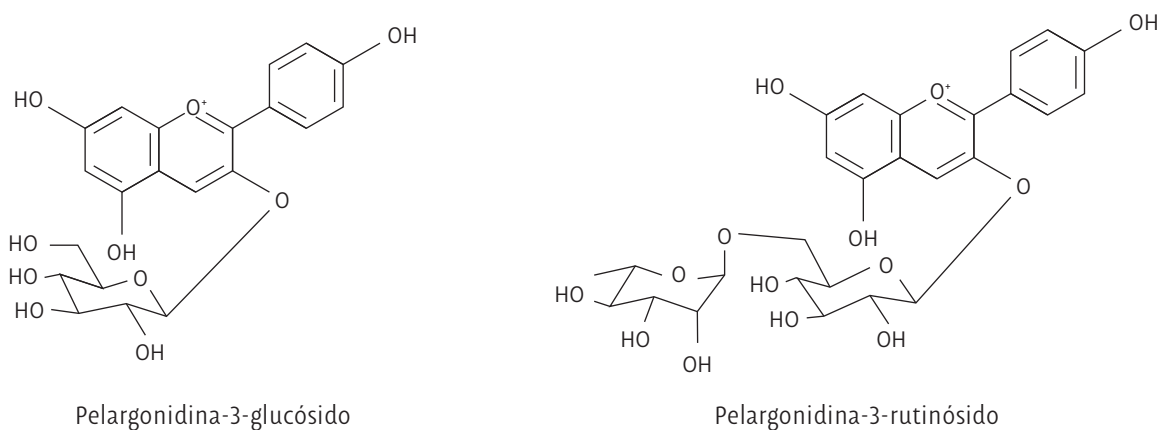


Fig. 3. Ejemplos de antocianinas de color rojo (Crozier, Jaganath y Clifford, 2009)

Por otra parte, la cebolla roja (*Allium cepa* L.) es una especie rica en diferentes especies moleculares y compuestos antioxidantes. Gumrukcu, Ustun y Gultenkin (2008) encontraron 13.5 miligramos, Elhassaneen y Sanad (2009) reportaron 7.56 miligramos y Ashwini, Balaganesh, Balamurugan, Murugan y Sathishkumar (2013) obtuvieron 9.9 miligramos de antocianinas por 100 gramos de material vegetal. Las variaciones entre los tres estudios se deben a las diferentes procedencias de las cebollas; Egipcia, Turca e Hindú. Por otra parte, Ferreres, Gil y Tomas-Barberán (1996) identificaron a las antocianinas cianidina 3-glucósido, cianidina 3-arabinosido, cianidina 3-malonil-glucósido y cianidina 3-malonilarabinósido, siendo los derivados malónicos los predominantes en la cebolla roja.

En el caso de la frambuesa (*Rubus idaeus* L.), como en los demás vegetales, el contenido de antocianinas totales está influenciado por el ambiente de producción y la variedad. Ancos, Ibañez, Reglero y Cano (2000) reportaron 37.4 miligramos, Antonnen y Karjalinen (2005) reportaron 35 miligramos y Varela, Salinas y Ríos (2006) encontraron 40 miligramos de antocianinas por 100 gramos de fruto. Las similitudes en todos los casos se deben al análisis de la misma variedad de frambuesa roja. En otros estudios, García *et al.* (1998) encontraron como antocianinas mayoritarias a los derivados de la cianidina; las cuales fueron la cianidina 3-soforósido, cianidina 3-glucorutinósido, cianidina 3-glucósido y cianidina 3-rutinósido.

En cuanto al rábano rojo (*Raphanus sativus* L.) también ha sido muy estudiado con respecto a su contenido cuantitativo y cualitativo de antocianinas. En estudios realizados por Ishikura y Hayashi (1962) reportaron 110 miligramos, mientras que Giusti, Rodrigues, Baggett, Durst y Wrolstad. (1998) encontraron 112.5 miligramos y Wu *et al.* (2006) encontraron 100.1 miligramos de antocianinas por 100 gramos de rábano. En todos los estudios se emplearon semejantes condiciones de estudio y se analizó únicamente la piel del rábano, por tanto no existieron diferencias significativas entre sí. Por otra parte, Giusti *et al.* (1998) encontraron como antocianinas principales a los derivados de la pelargonidina 3-soforósido-5-glucósido con ácidos cinámicos unidos a las fracciones de glucosa.

Con respecto a la fresa (*Fragaria vesca* L.), esta es uno de los frutos más comunes en la dieta y también contiene antocianinas. Lopes, Pascual, Rivas y Santos (2002) encontraron un promedio de 40 miligramos, Debnath y Ricard (2009) reportaron 35.1 miligramos y Voca *et al.* (2014) encontraron 43.2 miligramos de antocianinas por 100 gramos de fresas. Voca *et al.* (2014) muestran un contenido de antocianinas promedio en fresas cultivadas en diversas estaciones del año a diferencia de

los otros análisis. Variaciones en el contenido de nutrientes se deben principalmente a los cambios de humedad, temperatura y radiación en las distintas estaciones. A mayor presencia de agua, temperaturas cálidas y buena irradiación solar se sintetizan más antocianinas en las fresas. En otros estudios, Lopes *et al.* (2002) identificaron a las antocianinas cianidina 3-rutinósido, cianidina 3-glucósido, pelargonidina 3-glucósido, pelargonidina 3-rutinósido y pelargonidina 3-acetilglucósido como las mayoritarias en el fruto.

Por otra parte, la fruta del dragón o pitahaya (*Hylocereus undatus* L.) es un recurso sustentable de antocianinas, aunque sea únicamente de su cáscara. Figueroa, Tamayo, González y Vargas (2011) encontraron 323.90 miligramos y Vargas, Tamayo, Sauri, Pech y Herrera (2013) reportaron un contenido promedio de 456.9 miligramos de antocianinas por 100 gramos de cáscara de pitahaya. En este último estudio evaluaron pitahaya cosechada en diferentes estaciones del año, por lo que difiere el contenido con respecto al primer mes en donde la fruta fue del mes de abril. Por otra parte, Vargas *et al.* (2013) identificaron a la pelargonidina 3-5-diglucósido y a la cianidina 3-glucósido como las antocianinas mayoritarias de la pitahaya.

En cuanto al chile, existen diferentes variedades de este que pueden ser fuentes de antocianinas. El fruto de chile de árbol y uvilla (*Capsicum annum* L.) sintetizan y acumulan antocianinas en el pericarpio. Sadilova, Stintizing y Carle (2006) reportaron un valor de 32.15 miligramos y Arnnok, Ruangviriyachai, Mahachai, Techawongstien y Chanthai (2012) obtuvieron 46 miligramos de antocianinas por 100 gramos de chiles. En el primer estudio se analizó el pericarpio del vegetal y en segundo estudio se analizó tanto el pericarpio como el endocarpio, por lo tanto los resultados muestran diferencias. En otros estudios, Aza y Ochoa (2012) encontraron que la delphinidina 3-cumaroilrutinósido-5-glucósido y la delphinidina 3-cumaroilrutinósido-5-glucósido son las antocianinas más importantes en el vegetal.

Por último, los arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.) son una fuente potencial de antocianinas naturales antioxidantes. Deineka, Sorokopudov, Deineka, Shaposhnik y Koltsov (2005) reportaron 29 miligramos y Moldovan, David, Chisbora y Cimpoiu (2012) encontraron 35.6 miligramos de antocianinas por 100 gramos de arándanos. Los resultados varían porque los arándanos provienen de diferentes regiones de Europa, por lo tanto su composición puede variar debido a las diferentes condiciones como la humedad, tipo de suelo, clima, etc. Por otra parte, Deineka *et al.* (2005) identificaron a la peonidina 3-glucósido como la antocianina mayoritaria.

3.3. Potenciales beneficios a la salud

El interés en los pigmento antocianicos se ha intensificado recientemente debido no solamente por el color que confieren sino 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. La actividad antioxidante es la capacidad total que tiene una sustancia para disminuir la presencia de los radicales libres (Aguilera *et al.*, 2011).

Estudios con fracciones de antocianinas provenientes del vino de uva roja han demostrado que las antocianinas son efectivas en atrapar especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la agregación de plaquetas (Ghiselli, Nardini, Baldi y Scaccini, 1998). Wang y Jiao (2000) mencionan que frutos rojos ricos en antocianinas evidencian una alta actividad antioxidante contra la presencia de peróxido de hidrógeno y contra los radicales peróxido, superóxido, hidroxilo y oxígeno singulete.

A las antocianinas también se les atribuye actividad anticancerígena. Kamei, Hashimoto y Koide (2008) reportaron la supresión de células cancerígenas HCT-15 provenientes del colon humano y de células cancerígenas gástricas AGS al suministrar fracciones de antocianinas del vino de uva roja. Así también, Tristan *et al.* (2005) realizaron bioensayos que demuestran que las antocianinas inhiben las etapas de iniciación, promoción y progresión de la carcinogénesis. Por otra parte, Vuorela *et al.* (2005) encontraron efecto supresor de prostaglandina EG₂, sinónimo de actividad antiinflamatoria en extractos de antocianinas de frambuesa.

El mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo como resultado del consumo de antocianinas ha sido reportado por Shukitt-Hale *et al.* (2005) donde han demostrado que el comportamiento cognitivo y las funciones neuronales de ratas de laboratorio pueden mejorar a través de suplementación nutricional con extractos de arándanos y fresas. Ohgami, Illieva y Yoshida (2005) suministraron extractos de frutas ricas en antocianinas a ratas con deficiencia ocular, resultando en una reducción de la inflamación y aumento de la agudeza visual. Se han realizado diversos estudios que confirman los efectos benéficos de las antocianinas, sin embargo, a un existen muchos experimentos más por realizar.

3.4. Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas

Las antocianinas presentan baja estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento. Diversos factores como pH, temperatura y luz afectan su estabilidad. Se degradan fácilmente a temperaturas superiores a los 40 °C. El efecto de la temperatura ocurre por dos mecanismos: por la hidrólisis del enlace glucosídico que da lugar a la formación de la aglicona o bien por la ruptura hidrolítica que origina la formación de chalconas. Por lo que a temperaturas superiores a los 40°C se degradan fácilmente (Timberlake, 2009).

Por otra parte, el pH también tiene efecto en la estructura de las antocianinas (Fig. 4), generando cambios en el color. Estas muestran mayor estabilidad en medios ácidos. A pH ácido la forma predominante es la del ión flavilio de color rojo. Si se incrementa el pH la pérdida de un protón genera la forma quinoïdal de color azul (Suganya, Saravanakumar y Mohandas, 2012).

Mientras que a pH básico el ión flavilio es susceptible al ataque nucleofílico por parte del agua. Generando inicialmente la pseudobase incolora carbinol y posteriormente la chalcona, amarilla (Suganya, Saravanakumar y Mohandas, 2012).

Otro factor la luz; acelera el proceso de degradación de antocianinas. Sin embargo también acelera la biosíntesis de éstas. Las antocianinas que presentan sustituyentes en el hidroxilo del carbono 5' son más susceptibles a la degradación por luz. Sin embargo, la copigmentación retrasa la fotodegradación (Laleh, Frydoonfar, Heidary, Jameei y Zare 2006). Para contrarrestar la degradación de antocianinas se deben controlar las condiciones de tratamiento y almacenamiento de estos productos naturales. Además se pueden aplicar tecnologías de estabilización como la encapsulación (por aspersión o congelamiento), que protegen a las antocianinas de estos efectos externos. Sin embargo no se ampliará la información (Parra, 2010).

Conclusiones

Al finalizar con esta revisión se ha corroborado la importancia de las antocianinas. Existen numerosos estudios de los efectos benéficos de estos pigmentos, por lo que se debería fomentar el consumo de estos en la dieta. Destacando primordialmente su actividad antioxidante. Además se pueden obtener de diversos vegetales rojos comunes y es conveniente continuar analizando nuevas fuentes de antocianinas. Las antocianinas continuarán siendo unos de los pigmentos naturales más im-

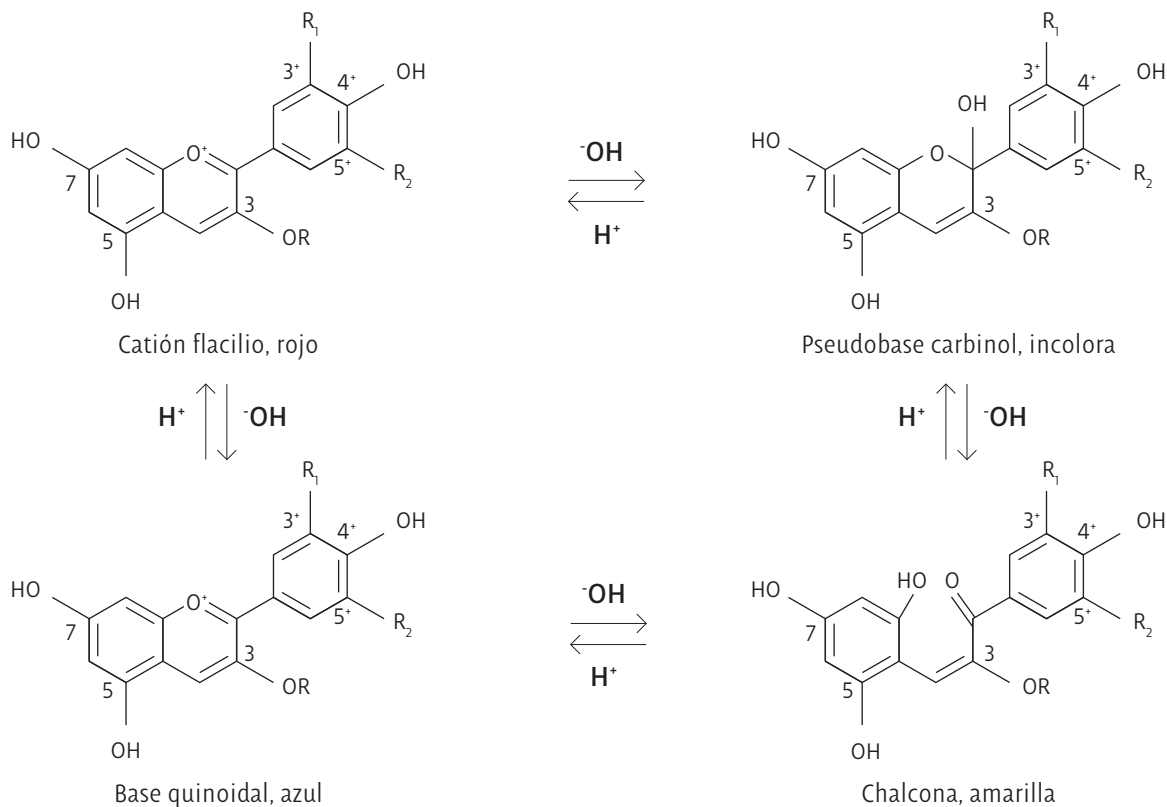


Fig. 4. Efecto del pH en las antocianinas (Suganya *et al.*, 2012)

portantes para el hombre. Resulta importante continuar trabajando en la estabilización de las antocianinas, ya que representa un inconveniente para su aplicación. Protegiéndolas contra los factores adversos como el pH, la temperatura y la luz con tecnologías de protección como la microencapsulación. Se puede promover el consumo de antocianinas en busca de una vida saludable.

Agradecimientos

Castañeda Sánchez agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo en la beca doctoral.

Referencias

Aberoumand, A. (2011). A review article on edible pigments properties and sources as natural biocolorants in foods-

tuff and food industry. *World Journal of Dairy and Food Science*, 6(1), 71-78.

Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 13(2), 16-22.

Ancos, B., Ibañez, E., Reglero, G. y Cano, P. (2000). Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 873-879.

Anttonen, J. y Karjalainen, O. (2005). Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. *Journal of Food Composition Analysis*, 18(8), 759-769.

Arnnok, P., Ruangviriyachai, C., Mahachai, R., Techawongstien, S. y Chanthai, S. (2012). Determination of total phenolics and anthocyanin contents in the pericarp of hot chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *International Food Research Journal*, 19(1), 235-243.

Ashwini, M., Balaganesh, J., Balamurugan, S., Murugan, S. y Sathishkumar, R. (2013). Antioxidant activity in vivo and in vitro cultures of onion varieties. *Food and Nutrition Sciences*, 4, 918-923.

- Astrid, G. (2008). Anthocyanins as natural colorants and bioactive compounds. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- Aza, G. y Ochoa, A. (2012). Characterization of anthocyanins from fruits of two Mexican chili peppers. *Journal of Mexican Chemical Society*, 56(2), 149-151.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: Editorial Pearson Educación.
- Cañizares, R., Leal, R., Ramírez, O., Noyola, P. y Márquez, F. (1998). Microbial pigments sources. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 40, 87-107.
- Cartaya, A. y Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22(2), 5-14.
- Castañeda, A., Pacheco, M., Paez, M., Rodríguez, J. y Galan, C. (2009). Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*, 113, 859-871.
- Clifford, M. (2000). Anthocyanins- nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1063-1072.
- Crozier, A., Jaganath, I., y Clifford, M. (2009). Dietary phenolics, chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural products*, 26, 1001-1043.
- Debnath, S. y Ricard, E. (2009). ISSR, anthocyanin content and antioxidant activity analyses to characterize strawberry genotypes. *Journal of Applied Horticulture*, 11(2), 83-89.
- Deineka, V., Sorokopudov, V., Deineka, L., Shaposhnik, E. y Koltsov, S. (2005). Anthocyanins from fruit of some plants of the *Caprifoliaceae* family. *Chemistry of Natural Compounds*, 41, 162-164.
- Elhassaneen, Y. y Sanad, M. (2009). Phenolics, selenium, vitamin C, amino acids and pungency levels and antioxidant activities of two Egyptian onion varieties. *American Journal of Food Technology*, 4(6), 241-254.
- Escamilla, C., Cuevas, E. y Guevara, J. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Revista Facultad de Medicina UNAM*, 52(2), 73-75.
- Estevez, L. y Mosquera, R. (2009). Conformational and substitution effects on the electron distribution in a series of anthocyanidins. *Journal of Physical Chemistry*, 113, 9908-9919.
- Ferreres, F., Gil, M. y Tomás-Barberán, A. (1996). Anthocyanins and flavonoids from shredded red onion and changes during storage in perforated films. *Food Research International*, 29(3), 389-395.
- Figuroa, R., Tamayo, J., González, G. y Vargas, L. (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 44-50.
- Gao, L. y Mazza, G. (1995). Characterization, quantification and distribution of anthocyanins and colourless phenolics in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 343-346.
- García, C., Zafrilla, P., Artes, F., Romero, F., Abellan, P. y Tomás-Barberán, F. (1998). Colour and anthocyanin stability of red raspberry jam. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 78, 565-573.
- Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A. y Scaccini, C. (1998). Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an Italian red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 361-367.
- Giusti, M., Rodrigues, L., Baggett, G., Durst, R. y Wrolstad. (1998). Anthocyanin pigment composition of red radish cultivar as potential food colorants. *Journal of Food Science*, 63(2), 219-225.
- Gumrukcu, G., Ustun, M. y Gultenkin, C. (2008). Extraction of anthocyanin pigments from red onion (*Allium cepa* L.) and dyeing woolen fabrics. *Asian Journal of Chemistry*, 20(4), 2891-2902.
- Ishikura, N. y Hayashi, K. (1962). Anthocyanins in red roots of a radish. *The Botanical Magazine Tokyo*. 75, 28-36.
- Kamei, H., Hashimoto, Y. y Koide, T. (2008). Antitumor effect of metanol extracts from red and white wines. *Cancer Biotherapy Radiopharmaceuticals*, 13(6), 447-452.
- Kim, D., Heo, H., Kim, Y., Yang, H. y Lee, C. (2005). Sweet and sour cherry phenolics and protective effects on neuronal cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 9921-9927.
- Laleh, G., Frydoonfar, R., Heidary, R., Jameei, R. y Zare, S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four *Berberis* species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(1), 90-92.
- Lopes, F., Pascual, S., Rivas, J. y Santos, C. (2002). Identification of anthocyanin pigments in starwberry by LC using DAD and ESI-MS detection. *European Food Research and Technology*, 214, 248-253.
- Martínez, S., González, J., Culebras, J. y Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(6), 271-278.
- Moldovan, B., David, L., Chisbora, C. y Cimpoiuc, C. (2012). Degradation kinetics of anthocyanins from European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts. Effects of temperature, pH and storage solvent. *Molecules*, 17, 11655-11666.
- Ohgami, K., Illieva, L. y Yoshida, K. (2005). Anti-inflammatory effects of aronia extract on rat endotoxin induced uvei-

- tis. *Journal of Biotechnology*, 46, 275-281.
- Parra, A. (2010). Food Microencapsulation: A Review. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 56669-684.
- Pérez, T. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. *Revista Cubana de Investigación Biomédica*, 22(1), 48-57.
- Sadilova, E., Stintzing, F. y Carle, R. (2006). Anthocyanins, color and antioxidant properties for egg plant and violet pepper. *Journal of Biosciences*, 61, 527-535.
- Shukitt-Hale, B., Galli, R. L., Meterko, V., Carey, A., Bielinski, D. F y McGhie, T. (2005). Dietary supplementation with fruit polyphenolics ameliorates age related deficits in behavior and neuronal markers of inflammation and stress. *The Journal of American Aging Association*, 27(1), 49-57.
- Šimunović V., Kovač S., Gašo-Sokač D., Pfnanhauser W. y Murković M. (2005). Determination of anthocyanins in four Croatian cultivars of sour cherries (*Prunus cerasus*). *European Food Research and Technology*, 220, 575-578.
- Suganya, D., Saravanakumar, M. y Mohandas, S. (2012). The effects of temperature and pH on stability of anthocyanins from red sorghum bran. *African Journal of Food Science*, 6(24), 567-573.
- Timberlake, F. (2009). Anthocyanins occurrence, extraction and chemistry. *Food Chemistry*, 120, 69-80. .
- Tristan, F., Kraft, B., Schmidt, B., Yousef, G., Knigh, C. y Cuendet, M. (2005). Chemopreventive potential of wild lowbush blueberry fruits in multiple stages of carcinogenesis. *Journal of Food Science*, 70(3), 159-166.
- Varela, P., Salinas, Y. y Ríos, R. (2006). Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 159-163.
- Vargas, D., Jiménez, A. y Paredes, O. (2000). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains - characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3), 173-289.
- Vargas, M., Tamayo, J., Sauri, E., Pech, L. y Herrera C. (2013). Extraction and stability of anthocyanins present in the skin of the dragon fruit (*Hylocereus undatus* L.). *Food and Nutrition Sciences*, 4, 12221-1228.
- Voća, S., Šic, J., Dobričević, N., Jakobek, L., Šeruga, M., Galić, A. y Pliestic, S. (2014). Variation in the bioactive compound content at three ripening stages of strawberry fruit. *Molecules*, 19, 10370-10385.
- Vuorela, S., Kreander, K., Karonen, M., Nieminen, R., Hama-lainen, M. y Galkin, A. (2005). Preclinical evaluation of rapessed, raspberry and pine bark phenolics for health related effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(15), 5922-5931.
- Wang, H., Nair, M., Strasburg, G., Chang, Y., Booren, A., Gray, I. y DeWitt, D. (1999). Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglicon, cyanidin, from tart cherries. *Journal of Natural Products*, 62, 294-296.
- Wang, S. Y. y Jiao, H. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5677-5684.
- Wu, X., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S. y Prior, R. (2006). Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultura and Food Chemistry*, 54, 4069-4075.