

## Bioactividad de colorantes rojos naturales

Pedro J. Giménez, José M. Angosto, José A. Fernández-López  
 Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT),  
 Paseo Alfonso XIII 52, E-30203 Cartagena (Murcia).  
 Teléfono: 968325549  
 E-mail: josea.fernandez@upct.es

**Resumen.** Los colorantes alimentarios son los aditivos cuya misión es proporcionar el color deseado y esperado de cada alimento. Determinados pigmentos naturales, aparte de color, pueden aportar propiedades añadidas que les confieren cierta bioactividad. Se consideran compuestos bioactivos aquellos que, sin ser nutrientes, actúan en el metabolismo y ejercen un efecto beneficioso para la salud, evidenciado en acciones que previenen ciertas enfermedades. El interés por estas sustancias radica en potenciar los efectos biosaludables de la dieta. En este artículo se revisan las propiedades bioactivas de carotenoides, antocianos y betacianinas, las tres familias de pigmentos empleados como colorantes rojos naturales de uso alimentario.


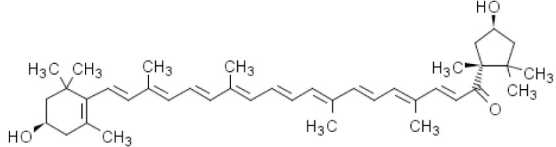

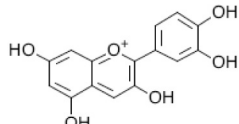

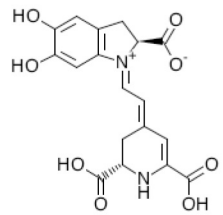
### 1. Introducción

Los colorantes son aditivos, sustancias que adicionadas a los alimentos proporcionan, refuerzan o varían su color. A raíz de las restricciones impuestas a los colorantes rojos sintéticos por la directiva 94/36/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, que se incorporó al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 2001/1995, es creciente el interés por los colorantes rojos naturales y por las especies vegetales fuente de los mismos (Fig. 1).

En los últimos años, a los pigmentos naturales, además de como colorantes, se les empieza a valorar como sustancias bioactivas por los potenciales efectos beneficiosos que ejercen sobre la salud, lo que ha impulsado su demanda comercial.

Carotenoides, antocianos y betalaínas (Tabla 1) son los pigmentos responsables de las tonalidades rojas en los colorantes naturales usados por la industria alimentaria. Los carotenoides destacan por su naturaleza liposoluble. Antocianos y betalaínas son pigmentos vacuolares, y por tanto, de carácter hidrofílico. Carotenoides y antocianos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y su empleo en la industria está muy difundido desde hace años. En ambos está probada su actividad antioxidante, y en el caso de los antocianos también otros efectos derivados de su naturaleza polifenólica. Las betalaínas son menos conocidas, probablemente por su relativa escasez natural, y su uso como colorante está más restringido. Sin embargo, constituyen una opción interesante dada su gama de colores y la estabilidad de los mismos en un amplio rango de pH.

Tabla 1. Pigmentos rojos naturales

 <p><b>Carotenoides</b></p>	 <p><i>capsantino</i></p>
 <p><b>Antocianos</b></p>	 <p><i>cianidina</i></p>
 <p><b>Betacianinas</b></p>	 <p><i>betanidina</i></p>

## 2. Carotenoides

Estructuralmente hablando los carotenoides son los únicos tetraterpenos naturales, derivados de la unión de 8 unidades de isopreno que origina un esqueleto con 40 átomos de carbono. Se clasifican en dos grandes grupos: carotenos (estrictos hidrocarburos) y xantofilas, derivados de los anteriores por incorporación de funciones oxigenadas. Están presentes en todo el reino vegetal, tanto en tejidos fotosintéticos como no fotosintéticos, en bacterias, algas, hongos y animales (estos últimos no los pueden sintetizar y los incorporan a través de la dieta). Aportan coloraciones que pueden oscilar entre el amarillo y el rojo. Se estima que la producción anual en la Naturaleza es de  $10^8$  toneladas, y en la actualidad se conocen cerca de 700 carotenoides diferentes [1]. Cuando se incorporan como colorantes naturales en alimentos se designan con los códigos E-160 y E-161.

Los carotenoides presentes en frutos maduros se acumulan en los plastoglobulos de los cromoplastos. El sistema de dobles enlaces conjugados de la cadena polienoica conforma un cromóforo cuya capacidad de absorción de luz visible proporciona los llamativos y característicos colores de estos compuestos. El número de dobles enlaces conjugados y la presencia de otras funciones orgánicas en los extremos de la cadena determinará en última instancia las características espectroscópicas propias de cada pigmento [1]. Los principales carotenoides presentes en frutos rojos como tomate y pimiento son licopeno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxanteno, capsanteno y capsorrubeno.

### 2.1. Función y Actividad Biológica

En los animales, los carotenoides desempeñan diferentes actividades biológicas muy importantes desde el punto de vista nutricional y fisiológico. Aquellos carotenoides con un anillo tipo  $\beta$  no sustituido ( $\beta$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxanteno son los más representativos) pueden ser metabolizados a vitamina A (actividad provitamina A). La única fuente de estos precursores de retinol es la dieta, por lo que la ingesta de estos pigmentos constituye una fuente indispensable de esta vitamina.

Los carotenoides presentan también otra actividad común a todos ellos: la capacidad antioxidante frente a radicales libres de diverso origen y naturaleza, quedando integrados en el complejo sistema de antioxidantes primarios junto al ácido ascórbico y los tocoferoles. Entre ellos se da un ciclo regenerativo que aumenta sinérgicamente su capacidad antioxidante. Los carotenoides inhiben el proceso de auto-oxidación lipídica, por lo que su presencia en las membranas celulares evita su degeneración. Reaccionan además con otros radicales de múltiple naturaleza como los formados durante el metabolismo de sustancias xenobióticas.

La implicación de estos pigmentos en la reducción del estrés oxidativo, actuando como antioxidantes es su principal mecanismo de acción, y sirve para caracterizarles como anticancerígenos e inmunoactivadores. Otro posible mecanismo de acción antitumoral está en su implicación en los procesos de control de la diferenciación y proliferación celular al estimular la expresión de genes encargados de la comunicación intercelular.

Hay también evidencias de que determinados carotenoides (licopeno, luteína y zeaxanteno) reducen el riesgo de padecer enfermedades como cataratas, degeneración macular y cáncer de próstata, e incluso pueden frenar su progresión si estos procesos se han iniciado. Además, se les atribuye efectos fotoprotectores, especialmente a  $\beta$ -caroteno y licopeno, que al actuar como receptores de radiación UV evitan que la misma induzca eritemas epidérmicos [2].



Fig. 1. Especies vegetales usadas como fuente de colorantes rojos.

## 3. Antocianos

Los antocianos son pigmentos naturales pertenecientes al grupo de los flavonoides. Representan el principal grupo de pigmentos hidrosolubles responsables de la gama de colores que abarca desde el rojo hasta el azul. Están muy extendidos en la naturaleza ya que colorean frutos, flores, hojas y tallos de un gran número de especies vegetales como uva tinta, col lombarda, frutas del bosque, cerezas, frambuesa, fresas, ciruela roja, granada, etc. Su estructura química básica es el ion flavilio, que consta de 2 grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico (Tabla 1). El color depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo presentes en la molécula.



Incrementos en la hidroxilación proporcionan tonalidades azuladas mientras que una mayoría de sustituyentes metoxilo produce coloraciones rojas. En la naturaleza suelen aparecer glicosiladas en las posiciones 3 y/o 5 de la molécula. Incluso esos restos glicosídicos pueden estar acilados con ácidos orgánicos. La estructura básica de la aglicona se denomina antocianidina. De las 20 antocianidinas que se conocen las principales son cianidina, malvidina, peonidina, delfinidina, pelargonidina y malvidina. El código reservado en la Unión Europea como aditivos colorantes para estos pigmentos es el E-163.

### 3.1. Función y Actividad Biológica

El interés por los antocianos se ha intensificado en los últimos años debido a sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. Durante su tránsito del tracto digestivo al torrente sanguíneo permanecen intactas y entre sus efectos reducen la arterosclerosis, y ejercen acción anticancerígena, antitumoral y antiinflamatoria. Además de mejorar la agudeza visual presentan propiedades antidiabéticas al controlar el metabolismo de lípidos, secreción de insulina y acción vasoprotectora [3]. La gran mayoría de estos efectos terapéuticos son consecuencia de su actividad antioxidante, estando demostrada su efectividad como secuestrantes de especies reactivas del oxígeno, además de inhibir la oxidación de lipoproteínas y la agregación de plaquetas [4].

## 4. Betacianinas

Las betacianinas son pigmentos rojo-púrpura que se biosintetizan por condensación de ácido betalámico con derivados de cicloDOPA. Pertenecen a la familia de las betalainas, se almacenan en las vacuolas y son por tanto, de naturaleza hidrosoluble. Su apariencia visual las asemeja a los antocianos. Estos pigmentos se encuentran sólo en determinadas familias vegetales, todas pertenecientes al orden *Caryophyllales*: en el que destacan *Amaranthaceae*, *Cactaceae* y *Chenopodiaceae*. Están autorizadas como aditivos por la FDA (*Food and Drug Administration*) de Estados Unidos y también en la Unión Europea con la designación de E-162 [5]. Industrialmente se extraen de la remolacha roja, aunque investigaciones recientes confirman que los frutos de *Opuntia* y las pitayas (*Hylocereus* sp.) pueden emplearse como fuente comercial de este colorante [6]. Entre las principales betacianinas destacan betanidina e isobetanidina (agliconas) que glicosiladas se transforman en betanina e isobetanina, que son, con mucho, las más extendidas.

### 4.1. Actividad antioxidante

La estructura de amina cuaternaria entroncada en un sistema resonante de dobles enlaces le proporciona una gran actividad reductora (antioxidante) a las betacianinas. La presencia de restos fenólicos incrementa su carácter nucleófilo y les convierte en

donantes de electrones y, por tanto, neutralizadores de radicales libres. Está probado que la betanina, aun siendo hidrosoluble, se asocia a lipoproteínas de baja densidad (LDL) aumentando su resistencia a la oxidación. Entre las actividades de estos pigmentos también destacan la prevención de la hemólisis oxidativa de glóbulos rojos y la inhibición de la peroxidación de lípidos.

## 5. Conclusiones

Los efectos añadidos que sobre la salud presentan estos colorantes sirven para reconocer su importancia en nuestra dieta. Se trata de componentes bioactivos cuya valía supera ampliamente la función de proporcionar un color atractivo, adecuado, o reconocible como natural a un alimento. Está bien que nos dejemos llevar por las llamativas coloraciones, que por supuesto añaden un toque de fantasía y variedad cromática a nuestros platos, pero enmascarados por el color se ocultan muchos beneficios derivados de la estructura química de estos pigmentos y del conjunto de componentes que los acompañan en sus extractos. Dejemos que la Naturaleza nos atraiga con sus llamativos colores y aprovechemos las recompensas por haber sido persuadidos.

## Referencias

- [1] Graham, R.D., Rosser, J.M. (2000) Carotenoids in staple foods: their potential to improve human nutrition. *Food Nutr. Bull.* 21: 405-409.
- [2] Stahl, W., Sies, H. (2005) Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. *Biochim. Biophys. Acta* 1740: 101-107.
- [3] Shipp, J., Abdel-Aal, S. (2010) Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. *Open Food Sci. J.* 4: 7-22.
- [4] de Pascual-Teresa, S., Sánchez-Ballesta, M.T. (2008). Anthocyanins: from plant to health. *Phytochem. Rev.* 7: 281-299.
- [5] Stintzing, F.C., Carle, R. (2007). Betalains—emerging prospects for food scientists. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 514-525.
- [6] Fernández-López, J.A., Almela, L., Obón, J.M., Castellar, R. (2010). Determination of antioxidants constituents in cactus pears. *Plant Foods Hum. Nutr.* 65: 253-259.