



**FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE**

**TRABAJO FIN DE GRADO
COLORANTES ALIMENTARIOS**

Autor: Marta Calvo Domper

Tutor: Prof. Dra. Patricia Morales Gómez

Convocatoria: Junio

ÍNDICE

1. Resumen	Pág. 3
2. Introducción y antecedentes	Pág. 3
2.1 Definición de aditivo alimentario, coadyuvante tecnológico y enriquecedor	Pág. 3
2.2 Tipos de aditivos	Pág. 5
2.3 Razones del uso de los aditivos	Pág. 7
3. Objetivos	Pág. 8
4. Metodología	Pág. 8
5. Resultados y discusión	Pág. 9
5.1 Importancia del color en los alimentos	Pág. 9
5.2 Colorantes alimentarios: definición, trascendencia y autorización	Pág. 9
5.3 Tipos de colorantes alimentarios	Pág. 12
5.4 Las betacianinas como colorantes de origen natural	Pág. 13
5.4.1 Características y métodos de extracción de las betacianinas	Pág. 15
5.4.2 Aplicaciones y perspectivas futuras del uso de las betacianinas	Pág. 17
6. Conclusiones	Pág. 18
7. Bibliografía	Pág. 19

1. Resumen

Los aditivos alimentarios se definen, según El Reglamento (CE) nº 1333/2008, como “toda sustancia que normalmente no se consume como alimento en sí misma ni se use como ingrediente característico de los alimentos, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencionada -con un propósito tecnológico- a un alimento durante su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento tenga por efecto, o queda razonablemente prever que tenga por efecto, que el propio aditivo o sus subproductos se conviertan directa o indirectamente en un componente del alimento”. Esta definición, entre muchas otras, describe a estas sustancias que consiguen hacer más duraderos y apetecibles a los alimentos, y, por ello, es importante destacar la razón de uso de éstos.

Los aditivos alimentarios pueden clasificarse según el origen, la función que desempeñan, etc. Entre ellos, en el presente trabajo profundizaremos en el conocimiento de los colorantes alimentarios y su importancia en los alimentos. Además, diferenciar los colorantes naturales y los sintéticos, y de los primeros, nuevos métodos de extracción de betalaínas, un tipo de colorante alimentario natural, y sus aplicaciones en la industria alimentaria.

2. Introducción y antecedentes

2.1 Definición de aditivo alimentario, coadyuvante tecnológico y enriquecedor

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha ido saciando las necesidades que precisaba, recolectando y cazando lo que la naturaleza le aportaba¹. Pero con el paso del tiempo, su alimentación se ha ido volviendo más selectiva, buscando mejores métodos de caza, domesticando animales y cultivando plantas, conservando alimentos con procedimientos físicos y químicos y, finalmente, añadiendo y mezclando unos con otros para mejorar la estabilidad, el sabor o el aspecto de los mismos².

Desde entonces, a lo largo del siglo XX, los aditivos alimentarios se empezaron a utilizar para conservar los alimentos y evitar que éstos perdiesen sus características organolépticas. En el siglo XXI, la industria alimentaria y los alimentos procesados han llegado a depender absolutamente de ellos¹.

Actualmente, alrededor de 2.500 aditivos se añaden intencionalmente a los alimentos para mantener ciertas propiedades o aumentar la vida útil, mientras que muchos otros se fueron prohibiendo, a nivel mundial algunos y otros en países concretos².

Internacionalmente, los organismos más importantes para la regulación de los aditivos alimentarios son: *European Food Safety Authority* (EFSA) a nivel europeo y *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos. Éstos y otros organismos han ido definiendo los aditivos alimentarios a lo largo de la historia. El Reglamento (CE) nº 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre aditivos alimentarios, define a éstos como: “toda sustancia que normalmente no se consume como alimento en sí misma ni se use como ingrediente característico de los alimentos, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencionada -con un propósito tecnológico- a un alimento durante su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento tenga por efecto, o queda razonablemente prever que tenga por efecto, que el propio aditivo o sus subproductos se conviertan directa o indirectamente en un componente del alimento”³.

La definición de coadyuvante tecnológico viene, asimismo, recogida en el Reglamento (CE) nº 1333/2008 con la determinación de diferenciarlos de los aditivos alimentarios². Aquellos son definidos como: “toda sustancia que normalmente no se consume como alimento en sí misma ni se use como ingrediente característico de los alimentos, tenga o no valor nutritivo, y se utilizan intencionadamente en la transformación de materias primas, alimentos o de sus ingredientes para cumplir un determinado propósito tecnológico durante el tratamiento o la transformación, y pueden dar lugar a la presencia involuntaria, pero técnicamente inevitable, en el producto final de residuos de la propia sustancia o de sus derivados, a condición de que no presenten ningún riesgo para la salud y no tengan ningún efecto tecnológico en el producto final”³.

Por último, en dicho Reglamento también se recoge la definición de enriquecedor. Se definen como “módulos de algún nutriente o alimento que, añadido a los alimentos tradicionales, permite mejorar sus características nutricionales”³.

Comparando estas definiciones y observando las diferencias entre ellas, vemos que los aditivos alimentarios y los enriquecedores sí se consideran ingredientes de los alimentos y por ello, se recogen en el etiquetado de estos, mientras que los coadyuvantes tecnológicos no se tienen en cuenta como ingredientes y no se recogen en el etiquetado¹.

A continuación, en la Tabla 1 se recoge una primera clasificación de las sustancias que se pueden incorporar a un alimento.

Tabla 1.- Clasificación de las sustancias añadidas a un alimento¹.

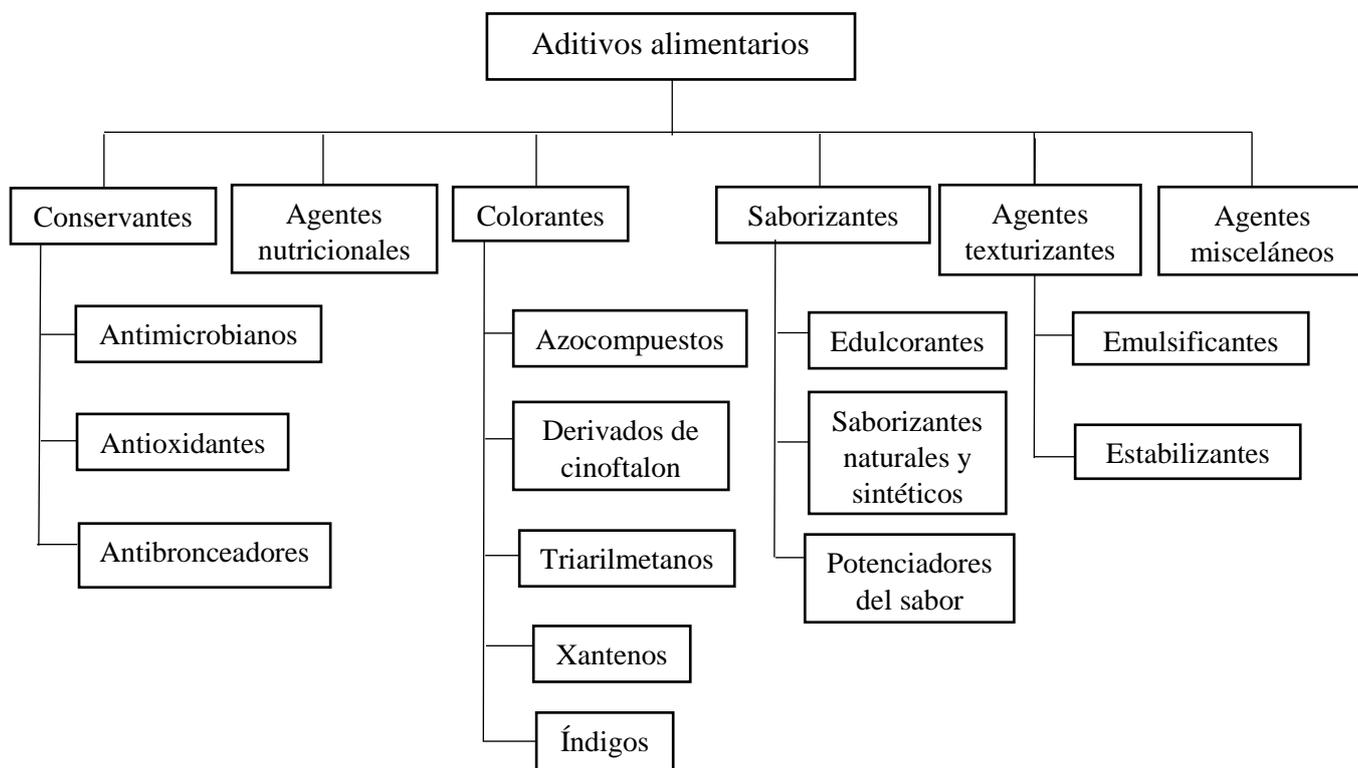
Incorporación	Tipo	Motivos	Etiquetado
No intencionada	Residuos, contaminantes, etc.	Mala praxis, accidente, etc.	No
Intencionada	Sustancias enriquecedoras	Nutricionales	Sí (ingrediente)
	Coadyuvantes tecnológicos	Tecnológicos	No
	Aditivos	Tecnológicos, psicológicos, económicos, etc.	Sí (ingrediente)

Los aditivos forman un grupo variado de sustancias, con criterios muy diversos de clasificación y su extensión abarca todo tipo de alimentos, desde el mínimo procesado hasta aquellos productos alimenticios industrializados. En este sentido, los aditivos alimentarios buscan siempre asemejar al alimento o producto alimenticio a su estado natural u original, de ahí que el proceso de autorización de un aditivo esté muy regulado, desde el etiquetado hasta su incorporación a unos productos u otros.

2.2 Tipos de aditivos

En la Unión Europea, se dividen los aditivos alimentarios en 26 clases funcionales. Esta clasificación se realiza en base a sus funciones en los alimentos y se recoge en el Anexo I del Reglamento (CE) nº 1333/2008. Asimismo, según la FDA, existen más de 3.000 aditivos alimentarios permitidos en los Estados Unidos, que se dividen en 6 grupos, que se muestran en la siguiente figura.

Figura 1.- Grupos y subgrupos de los aditivos alimentarios. Adaptado de Carocho et al., 2014.



Por otro lado, existe también una clasificación en función de diversos criterios, como el origen, función, etc. La clasificación en función del origen agrupa los aditivos naturales (directamente a partir de organismos vegetales o animales), idénticos a los naturales (moléculas producidas a partir de síntesis química o biológica en el laboratorio), modificados (aditivos que han sido levemente modificados en su estructura o composición) y artificiales (obtenidos por síntesis, es decir, aditivos no presentes en la naturaleza)¹.

No obstante, los aditivos alimentarios se suelen encontrar agrupados en cuatro categorías, que incluyen las 26 clases funcionales que describe la Unión Europea. Estas categorías son¹:

- Modificadores de los caracteres organolépticos: entre ellos están los colorantes, edulcorantes, espesantes, potenciadores del sabor y gelificantes.
- Estabilizadores de las características físicas: encontramos los emulgentes, estabilizantes, antiaglomerantes, acidulantes, reguladores del pH, etc.

- Inhibidores de alteraciones: éstos son los conservadores, antioxidantes y secuestrantes.
- Mejoradores y correctores de los alimentos: como, por ejemplo, los mejoradores de la panificación, correctores de la vinificación o reguladores de la maduración.

Como podemos observar, los aditivos alimentarios son productos de origen muy variados, y es verdaderamente importante su organización e identificación.

2.3 Razones del uso de aditivos

En estos últimos años, ha habido un incremento en el consumo de comida prefabricada por cambios culturales y en los hábitos alimentarios, donde la comida preparada en casa se sustituye por la comida industrial. Por esto, la industria alimentaria se ha esforzado en mejorar sus productos, haciéndolos más atractivos, duraderos, empleando entre otros los aditivos alimentarios².

Por lo tanto, las razones de uso de los aditivos se fundamentan en la búsqueda de satisfacer las demandas del consumidor o, por otro lado, las de la industria alimentaria. Se pueden encuadrar por diferentes razones, de carácter económico, psicológico, tecnológico o nutricional, pero pueden resumirse en cuatro bloques: para alargar el periodo de conservación de los alimentos, para dotar a los alimentos de la imagen deseada, para facilitar a la industria la elaboración de los alimentos o para permitir el desarrollo de nuevos productos alimenticios¹.

Los aditivos conservantes y agentes antioxidantes se emplean para incrementar la vida útil de los alimentos, mientras que los colorantes, edulcorantes, potenciadores del sabor, entre otros, son aditivos cuyo fin es mejorar las propiedades organolépticas y sensoriales de los alimentos. Además, existen los aditivos que buscan aumentar el rendimiento de la industria manteniendo los costes de producción y, por último, la industria intenta siempre innovar y desarrollar nuevos productos alimenticios, como los alimentos *light*¹.

Pese a que todavía necesitamos seguir investigando acerca del uso de los aditivos, no hay lugar a dudas de que éstos son un avance en la alimentación. Es conveniente destacar el uso de los aditivos de manera responsable, cuyo control está en manos de las autoridades sanitarias y así evitar consecuencias indeseadas del exceso de su utilización, ya que cualquier sustancia que ingerimos tiene respuesta en nuestro organismo.

3. Objetivos

Dada la importancia y el incremento en frecuencia de consumo de aditivos alimentario, concretamente de colorantes, como parte de nuestra dieta habitual, el presente trabajo tiene como objetivo principal recopilar mediante revisión bibliográfica de aquellos aspectos más relevantes que justifiquen la importancia de los aditivos en la alimentación haciendo hincapié en el conocimiento y uso de colorantes alimentarios.

Para ello se abordaron los siguientes objetivos parciales:

- 1- Conocer la definición, clasificación y legislación vigente de los aditivos alimentarios
- 2- Conocer y clasificar los distintos colorantes empleados como aditivos en la alimentación.
- 3- Estudiar las betacianinas, colorantes alimentarios de origen natural, como posible alternativa a los de origen sintético.

4. Metodología

Para la realización del presente trabajo y dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se han realizado diferentes búsquedas bibliográficas, se han consultado libros de la Biblioteca de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, así como distintas bases de datos científicas con el fin de obtener la más amplia información acerca del tema de estudio.

Las bases de datos utilizadas durante el tiempo de estudio para la realización de este trabajo han sido: PubMed - NCBI ([www. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed)), Web Of Knowledge (WOK; <https://www.accesowok.fecyt.es>), Buca (Biblioteca Complutense; [www. http://biblioteca.ucm.es](http://biblioteca.ucm.es)) y Science Direct ([www. sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).

Para facilitar la búsqueda y obtener resultados concretos que no se desviasen del tema de estudio, se emplearon "palabras clave" como: aditivos alimentarios, coadyuvantes tecnológicos, enriquecedor, colorantes alimentarios, alimentos colorantes, betalaínas y betacianinas.

5. Resultados y discusión

5.1. Importancia del color en los alimentos

El color es una cualidad fundamental en la elección de un alimento, incluso es considerado un factor psicológico de aceptación a la hora de escoger un alimento⁴. Además, el color es una de las razones estéticas más rápidamente utilizadas por el consumidor al elegir productos alimenticios, siendo un parámetro directo que asegure una buena calidad del producto⁵.

El color se percibe a través de los ojos, mediante una respuesta al estímulo luminoso que provoca en la retina. No obstante, el color de los alimentos se debe a diversas causas: la presencia de pigmentos naturales, como la clorofila o los carotenos, la formación de pigmentos coloreados consecuencia de reacciones químicas o enzimáticas, la adición de colorantes alimentarios o por el efecto físico del alimento sobre la dispersión de la luz⁴.

5.2. Colorantes alimentarios: definición, trascendencia y autorización

Los colorantes alimentarios se han usado a lo largo de la historia para mejorar la imagen y apariencia de los alimentos. Desde el punto de vista de la legislación europea son “sustancias que dan color a un alimento o le devuelven su color original⁶”. Éstos pueden ser componentes naturales de los alimentos, pueden haber sido extraídos de los alimentos y haberse incluido en otros, o pueden ser colorantes sintetizados en el laboratorio⁴.

Hay que recordar que, para que pueda utilizarse un colorante alimentario, previamente ha tenido que ser autorizado en Europa por la EFSA y, además, figurar en la lista de aditivos autorizados en general y, asimismo, debe estar autorizado para ese producto concreto⁴.

La industria alimentaria ha desencadenado un impacto enorme en la evolución científica y alimentaria, sobre la salud y las garantías nutricionales. No hay duda de que este impacto provoca opiniones y, a veces, dudas sobre los productos que la industria alimentaria oferta. Por todo ello, la legislación se ha ido volviendo más restrictiva en la aprobación de unos colorantes u otros, ya que cada vez está más regulada, acorde a las exigencias de la población⁵.

La utilización de los colorantes alimentarios en cuanto a ventajas y beneficios para el consumidor durante las etapas de procesado, almacenamiento y conservación de los alimentos, se presenta como el grupo con mayor controversia dentro de los aditivos alimentarios en la industria alimentaria. Esta controversia se refiere a que se consideran

aditivos “inútiles”. Lo entenderíamos como que no son indispensables para mejorar la calidad nutricional del alimento, ni tampoco para aumentan la calidad del sabor o del aroma, aunque, por otro lado, menos aún la reducen o empeoran⁴.

Los colorantes pueden presentar excepciones dentro de considerarse inútiles, ya que los carotenoides o la riboflavina muestran propiedades vitamínicas en los alimentos a los que van dirigidos, aunque su utilización en estos casos no tiene ese propósito⁴.

A pesar de ese aspecto pesimista en el uso de los colorantes alimentarios, existen motivos de peso para su empleo en la industria de los alimentos:

- Como dicta el Reglamento 1333/2008, los colorantes alimentarios sirven “para devolver la apariencia original a un alimento cuyo color se haya visto afectado por la transformación, el almacenamiento, el envasado y la distribución, pudiendo haber quedado mermado su atractivo visual”³.
- Para intensificar el color normal del alimento y mejorar su apariencia, dentro de la calidad de éste.
- Para asegurar la uniformidad del color, en cuanto a la relación alimento-sabor. Es decir, preservar las características asociadas al alimento.
- Actuando como recubrimiento, para proteger a las vitaminas propias del alimento que sean sensibles a luz solar. También, por otro lado, para dar color a un alimento incoloro, como por ejemplo la gelatina, y hacerlo así más atractivo al consumidor.
- Para contribuir a la identificación de la calidad del alimento, muchas veces asociado a la madurez o presencia de impurezas, presencia de microorganismos, etc. Ocurre tanto en alimentos de origen animal como vegetal⁴.

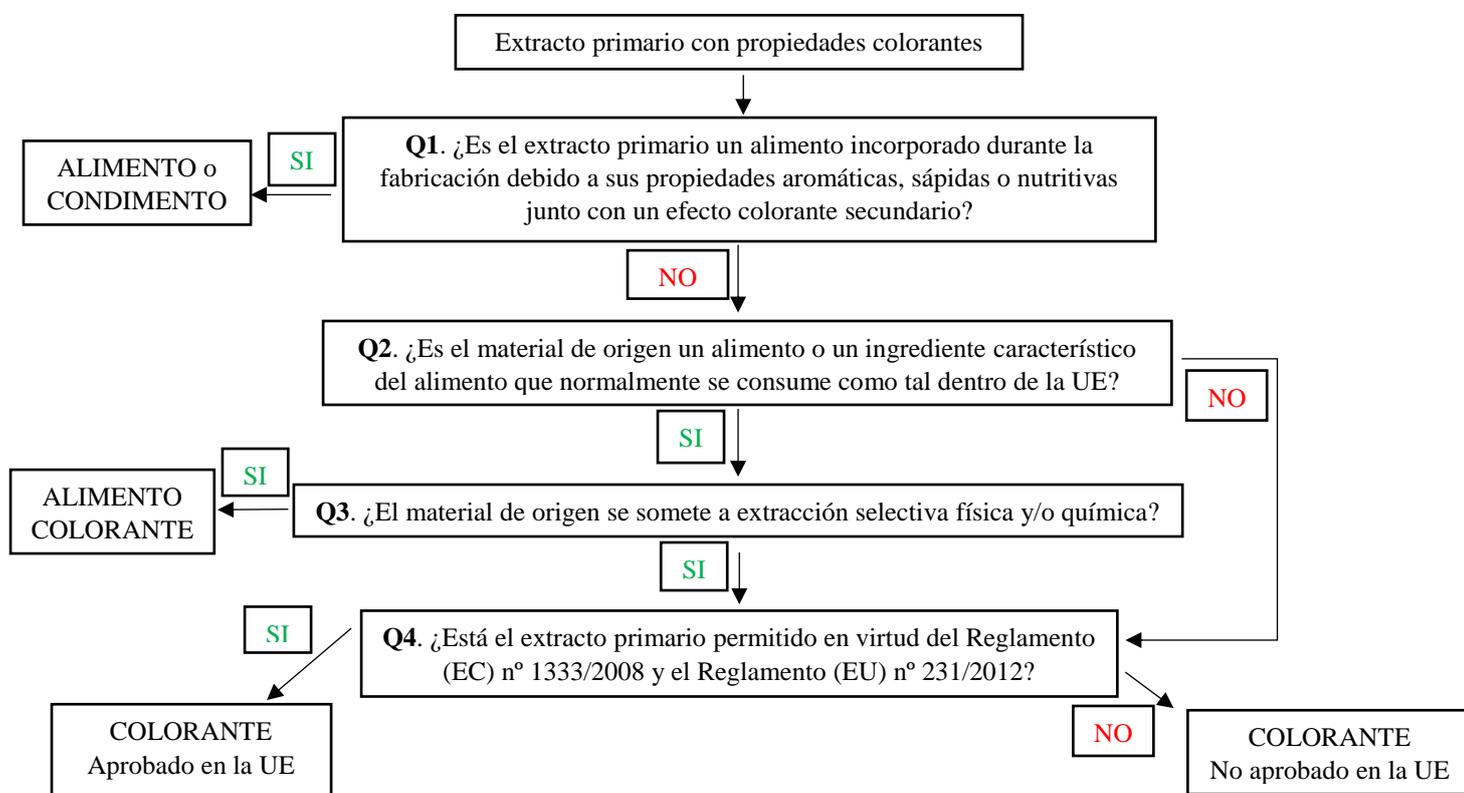
Es importante destacar la diferencia entre los alimentos colorantes y los aditivos colorantes. Mientras que los primeros son ingredientes alimentarios, es decir, alimentos con propiedades colorantes, los segundos son, como anteriormente se ha especificado, sustancias que dan color a un alimento o le devuelven su color original.

Asimismo, los alimentos colorantes se definen como “alimentos, bien concentrados o en polvo, incorporados durante la fabricación de alimentos, debido a sus propiedades aromáticas, sápidas o nutritivas junto con un efecto añadido como colorante” y no serían

considerados aditivos según el Reglamento (CE) n° 1333/2008, que dice específicamente: “no se considerarán aditivos los alimentos incorporados durante la fabricación de alimentos, compuestos por sus propiedades aromáticas, sápidas o nutritivas y con un efecto colorante secundario³”. Los alimentos colorantes son, por ejemplo, concentrados de frutas.

En 2013, la Comisión Europea publicó una guía orientativa sobre la clasificación de estos extractos de alimentos con propiedades colorantes que viene reflejado en la siguiente figura⁶.

Figura 2.- Diagrama de decisión para la autorización de un aditivo alimentario. Comisión Europea, 2013.



Con todo lo anterior, podemos llegar a la conclusión de que el uso de colorantes es necesario, siempre y cuando no plantee problemas para la salud del consumidor y cuando aparezca una necesidad tecnológica razonable que no pueda ser solucionada por otros medios económicos o tecnológicos⁴.

Además, los colorantes deben cumplir una serie de condiciones fundamentales⁴:

- Adquirir gran afinidad con los productos que va a colorear y teñir y, asimismo, poseer un gran poder de coloración con el propósito de utilizar la cantidad mínima posible.
- Bajo coste.
- Tener facilidad de incorporación a los productos destinados.
- Ser lo más estables posible a la luz, calor, cambios de pH y agentes oxidantes y reductores y constituir una especie química estable y definida.
- No tener olor ni sabor desagradable con el fin de no modificar las características del alimento que se colorea.

Uno de los aspectos que más importancia y especial atención ha recibido es la estabilidad de los colorantes alimentarios en el producto alimenticio al que está destinado. Asimismo, las señales visuales presentan una clara influencia en la preferencia de los alimentos, la aceptabilidad y, por último, la elección de los alimentos. Por lo tanto, es indudable la evidencia de que la industria alimentaria tiene como objetivo proporcionar alimentos de color cada vez más uniformes, atractivos y agradables, para satisfacer plenamente las expectativas de los consumidores y las necesidades actuales⁵.

5.3 Tipos de colorantes alimentarios

Al igual que con los aditivos, la clasificación de los colorantes se puede realizar de diversas maneras: según origen, función, estructura química, etc. La industria alimentaria diferencia dos tipos de colorantes alimentarios según su origen: naturales o sintéticos. Pero tanto la industria como los consumidores han demostrado un creciente interés por los colorantes naturales en línea al reemplazamiento de los colorantes sintéticos. Además, los avances científicos van en esta misma dirección, dando claras evidencias de que los colorantes naturales promocionan la calidad de vida y mejora de la salud, mientras que los sintéticos están evaluados críticamente⁵.

Los colorantes sintéticos se obtienen por síntesis química, carecen de su equivalente natural y suelen considerarse negativamente⁴. Sin embargo, se usan ampliamente para mejorar el atractivo de numerosos productos alimenticios. A pesar de que muchos de ellos han sido prohibidos o han dejado de utilizarse en la industria alimentaria, los colorantes

alimentarios sintéticos azules (azul brillante FCF o E 133), rojos (azorrubina o E 122) a naranjas (amarillo ocaso FDF o E 110), amarillos (tartrazina o E 102), verdes (verde S o E 142) y negros (negro brillante BN o E 151) se encuentran entre los más utilizados, en productos azucarados y bebidas (que incitan a su consumo) y también son los más estudiados en términos de toxicidad, efectos secundarios y seguridad, así como su impacto en la salud⁴.

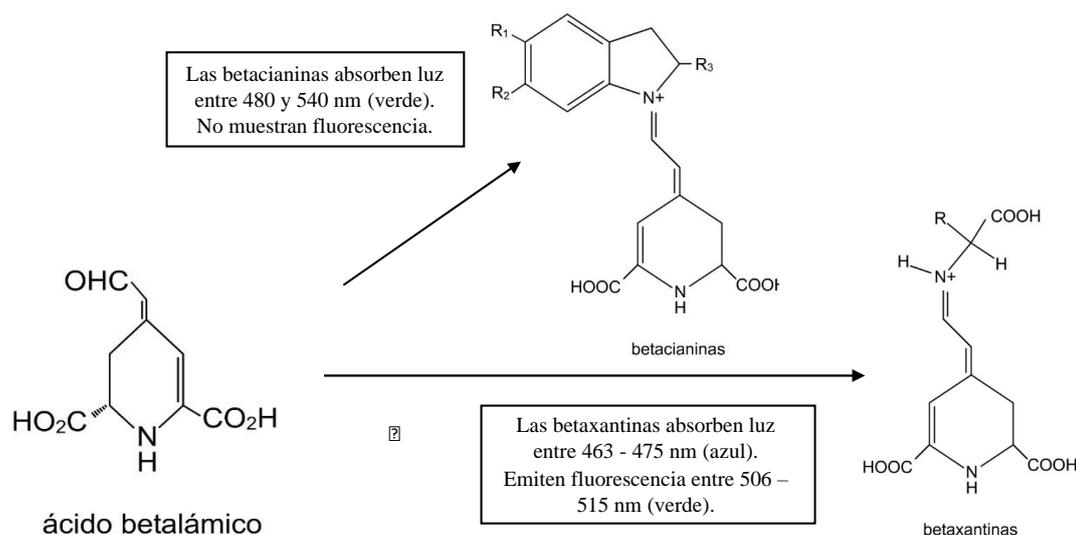
Los colorantes naturales son aquellos obtenidos de productos naturales o de síntesis que tienen su homólogo en la naturaleza. El término “natural”, al contrario que los anteriores, tiene un prejuicio favorable en el campo de alimentación. Los colorantes naturales autorizados por el Reglamento (UE) nº 1129/2011 se extraen de forma selectiva de componentes naturales y pueden ser de origen vegetal, como los carotenos (E 160a) que dan color anaranjado; antocianos (E 163) de color azul-violeta; betalaínas (E 162) de tonalidad morada o las clorofilas (E 140) de color verde; o de origen mineral, como los óxidos e hidróxidos de hierro, como el E 172, de color amarillo. Existe una excepción dentro de los colorantes naturales, ya que procederá de origen animal: esta excepción es el ácido carmínico procedente de la cochinilla (E-120), de tonalidad roja. Estos colorantes naturales autorizados son considerados como inocuos, en general y las limitaciones específicas en su uso son menores que en los colorantes sintéticos⁴.

Asociado al incremento de la demanda de los consumidores por unos productos más saludables y atractivos, aparece un gran interés por los efectos beneficiosos sobre la salud de algunos colorantes alimentarios, en concreto, de los naturales⁵.

5.4 Las betalaínas como colorantes de origen natural

Las betalaínas pertenecen a un grupo de pigmentos vegetales que contienen nitrógeno y son solubles en agua. Se acumulan en tejidos vegetales de plantas y flores, la mayoría de la familia de las Cariofilales y en hongos como *Amanita* o *Hygrocybe*. El ácido betalámico es la unidad estructural básica de estos pigmentos. Se dividen en dos grupos (manifestado en la Figura 3): las betaxantinas, de color amarillo-anaranjado, cuyo ácido betalámico se encuentra condensado con un aminoácido o amina y las betacianinas, de color rojo-violeta, que presentan el ácido betalámico conjugado al *ciclo*-dihidroxifenilalanina (*ciclo*-DOPA)⁷.

Figura 3: El color de las flores. Adaptado de García Carmona, Gandía Herrero y Escribano (2011).



A diferencia de otras familias de pigmentos, como los carotenos, las clorofilas o los antocianos, la ruta biosintética de las betalaínas aún no se conoce detalladamente. Esta ruta parte del aminoácido tirosina, que se incorpora completamente a la unidad estructural de las betalaínas, es decir, al ácido betalámico. En las betalaínas que dan color morado (las betacianinas) se incorporan dos moléculas de tirosina. De la formación de estas estructuras se encargan la dioxigenasa y la tirosinasa. Por otro lado, una tercera enzima, la glucosiltransferasa, cataliza la formación de los derivados de las betacianinas. La condensación del ácido betalámico con aminoácidos y aminos es espontánea, lo que produce una gran variedad de estructuras⁷.

Los pigmentos vegetales son, por tanto, estructuras químicas que según su disposición absorben luz de una determinada longitud de onda y reflejan el resto, que define el color que nosotros percibimos. En el caso de las betalaínas, el sistema de dobles enlaces conjugados del ácido betalámico es el responsable del color de estos pigmentos⁷.

Las betalaínas son, por lo tanto, unos de los muchos tintes naturales que se utilizan en la industria alimentaria, junto con los carotenos o los antocianos (estos últimos, muy similares a las betalaínas). En la Tabla 2 se recogen algunas fuentes naturales de betalaínas, modo de extracción y contenido⁸.

Tabla 2: Extracción de betacianinas a partir de diferente material, diferentes métodos de extracción y condiciones. Adaptado de Lobo Roriz et al., 2017.

Material de origen	Parte de la planta	Solvente	T (°C)	Tiempo (min)	Contenido total	Compuesto principal
<i>Beta vulgaris</i> L. cv. Detroit Dark Red ¹¹	Raíces frescas peludas	Etanol: Agua (50:50)	-	-	9,6 mg/g en peso seco	Betanidina
<i>Beta vulgaris</i> L. cv. (Cardeal-F1, Egyptian, Bicolor, Krestel) ¹²	Pulpa	Etanol: Agua (50:50)	-	30	0,66 – 1,99 mg/g en peso seco	Betanidina, Isobetanidina
<i>Phytolacca americana</i> L. ¹³	Fruto	Agua acidificada	-	-	0,79 mg/g en peso seco	Betanidina
<i>Celosia argentea</i> L. ¹⁴	Hoja	Metanol: Agua (80:20)	-	-	1,42 mg/g en peso seco	Betanidina
<i>Amaranthus caudatus</i> L. ¹⁵	Hojas, semillas, tallos, flores, brotes	Metanol: Agua (80:20)	25	900	0,96 – 20,93 mg/g en peso seco	Amarantina
<i>Gomphrena globosa</i> L. ¹⁶	Inflorescencias	Metanol	100	5	0,47 mg/g en peso seco	Isogomfrenina III
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L. ¹⁷	Ramillete de hojas	Metanol: Agua (50:50)	-	-	6,02 mg/g en peso seco	Betanidina
<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd ¹⁸	Hojas, tallos, flores	Metanol: Agua (80:20)	-	30	0,06 – 4,13 mg/g en peso fresco	Isogomfrenina III

5.4.1 Características y métodos de extracción de las betacianinas

Tal y como se ha descrito anteriormente, las betacianinas son pigmentos pertenecientes a las betalainas que presentan en su estructura un ácido betalámico conjugado al ciclo-DOPA y esta unidad básica se denomina betanidina. Asimismo, la estructura de las betacianinas tiene algunas variaciones en los grupos acilo y restos de azúcares, y puede obtenerse un grupo considerable de diferentes betacianinas por glicosilación de uno de los grupos hidroxilo⁸.

El color de las betacianinas es rojo-violáceo y se ha demostrado que es tres veces más fuerte que el tinte rojo-morado-azulado de los antocianos⁸.

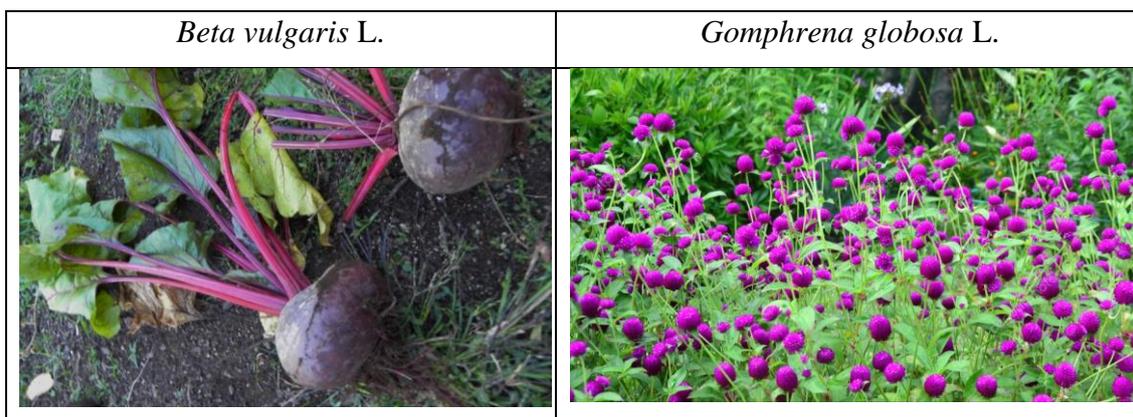
Las betacianinas son estables en un rango de pH entre 3 y 7. Se absorben muy poco en el tubo digestivo y esto que se absorbe se elimina rápidamente por la orina. En los años 90

hubo un estudio que puso de manifiesto la capacidad antioxidante de las betacianinas de la remolacha y, posteriormente, varios trabajos corroboraron la elevada actividad antirradical y antioxidante de las mismas⁷, las cuales prácticamente carecen de toxicidad y pueden ser oportunas como alternativa de colorantes sintéticos¹⁹.

Una de las plantas más estudiadas por su elevado contenido en betalaínas, y, en concreto, de betacianinas, es *Beta vulgaris* L., aunque existen otras fuentes de origen natural menos estudiadas como *Gomphrena globosa* L. perteneciente a la familia *Amaranthaceae* y nativa de Latinoamérica, que contiene una gran variedad de compuestos con actividad biológica, siendo las betacianinas uno de ellos. Por tanto, esta planta es una buena candidata como fuente alternativa en la obtención de betacianinas⁸.

A continuación (Figura 4), se presentan las partes principales de *Beta vulgaris* L. y de *Gomphrena globosa* L. que presentan alto contenido de betacianinas, que son, respectivamente, el fruto y las flores.

Figura 4.- *Beta vulgaris* L. y *Gomphrena globosa* L.



Los métodos de extracción de los pigmentos vegetales de su fuente original son muy variados, existen sistemas sólido-líquido como maceración, ultrasonido, microondas, entre muchos otros, que están disponibles para la extracción de estos compuestos. No hay un método universal de extracción mejor que los otros, pero sí se enfoca en reducir el tiempo de extracción, la cantidad de solventes, los costos de energía y los patrones de degradación⁸.

Las betacianinas se extraen, en general, mediante la técnica de maceración y como principal disolvente agua, pero se han visto un mejor rendimiento final de productos obtenidos con mezclas de disolventes orgánicos acuosos. La maceración es un método

convencional fácilmente traspasable a escala industrial y muy utilizado en ella, usado tradicionalmente en la extracción de compuestos bioactivos⁸.

En la extracción por maceración aparecen diferentes variables de proceso cuyos valores no pueden generalizarse para todas las matrices, debido a su especificidad en términos de composición y compuestos buscados. La optimización de las variables involucradas en el proceso es necesaria en la selección de las mejores condiciones para un máximo rendimiento, en un tiempo, consumo de energía y solvente mínimo, exprimiendo al máximo el sistema de maceración⁸.

Además de las técnicas tradicionales como la extracción por maceración, en los últimos años se han desarrollado enfoques más contemporáneos. En este contexto, han surgido varios métodos para la extracción de compuestos bioactivos de las plantas, entre otros, las betacianinas de *G. globosa*, como la extracción asistida por enzimas, métodos de extracción acelerada, extracción asistida por microondas (MAE) y extracción asistida por ultrasonido (UAE). Al comparar éstas con las técnicas tradicionales, encontramos varias ventajas, como un menor consumo de disolventes o una mayor eficiencia de extracción. Por ejemplo, MAE, es una metodología de extracción que está ganando relevancia debido a su alta eficiencia de extracción y a la obtención de productos con calidad superior y con un coste mucho más bajo. Entre todas las ventajas mencionadas, mediante UAE se logran ventajas particulares, tales como efectos mecánicos que permiten una mejor penetración dentro de la matriz, incrementando así el contacto del área sólido/líquido¹⁰. Los resultados se obtuvieron con éxito, y este estudio pudo resaltar el uso de *G. globosa* L. en un sistema UAE optimizado que ayudaría en la producción de extractos con propiedades colorantes importantes, por lo tanto, con un alto potencial para ser utilizados como aditivos colorantes naturales⁹.

5.4.2 Aplicaciones y perspectivas futuras del uso de las betacianinas

Las aplicaciones de las betacianinas cubren una gran parte de productos de la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica, que sirven como aditivos o suplementos. Se ha demostrado que las betacianinas manifiestan un interesante carácter medicinal como antioxidantes y quimiopreventivos en modelos *in vivo* e *in vitro*⁸.

Además, estos compuestos, especialmente en su uso como colorantes en la industria alimentaria, podrían ofrecerse como alternativa a colorantes químicos sintéticos como los

tintes derivados de colorantes azoicos y, aparte de conferir potencia sobre el color, dando lugar a propiedades funcionales bioactivas⁹.

Por otro lado, teniendo en cuenta los logros actuales obtenidos relacionados con la estabilidad de las betacianinas, estos pigmentos podrían utilizarse de forma efectiva en alimentos congelados, productos lácteos almacenados a bajas temperaturas e incluso productos con una vida útil corta, como yogures, helados, pudding, carnes o salchichas. Aunque el espectro de aplicación es reducido, se minimizan los efectos indeseables de los colorantes sintéticos. En este sentido, la industria alimentaria podría comenzar a aplicar el uso de pigmentos naturales como colorantes en otras matrices de alimentos, manteniendo un control estricto en cuanto a la estabilidad y factores implicados en ella. La mejora efectiva de la vida útil de numerosos alimentos y la garantía de su atractivo final para con los futuros consumidores es una garantía crucial que debe proporcionar la industria alimentaria, junto con el aumento de beneficios para la salud¹⁰.

6. Conclusiones

Los aditivos alimentarios, en concreto, los colorantes alimentarios, son sustancias con verdadera importancia en el aspecto de los alimentos y esto influye en la elección del consumidor por uno de ellos. Los colorantes deben ser estudiados y aprobados por los organismos oficiales para su posterior uso en la industria alimentaria, ya que es esencial que los colorantes alimentarios garanticen la seguridad y estabilidad de los alimentos.

Los colorantes naturales comienzan a adquirir mayor relevancia en la industria alimentaria, ya que actualmente la sociedad demanda alimentos más naturales. En cuanto a las betalaínas, se destaca su importancia como sustancias de origen vegetal, es decir, sustancias naturales que tienen una verdadera implicación en la aplicación como colorantes naturales, sobre todo las betacianinas, que, una vez extraídas de su fuente natural, y tras varios métodos de separación de otras sustancias químicamente similares puedan usarse como colorantes de tonalidad violácea. La búsqueda y estudio de colorantes de origen vegetal sirve de modelo para que la alimentación se dirija cada vez más hacia unos objetivos beneficiosos para la salud, mejorando así la calidad de los alimentos de los consumidores.

7. Bibliografía

- ¹ José Manuel de Prádena y Lobón. Capítulo 1, Introducción a los aditivos alimentarios y coadyuvantes alimentarios. En: Inmaculada Mateos-Aparicio. Aditivos alimentarios. I Edición. Madrid: Dextra Editorial S.L.; 2017. Página 14-30.
- ² Caroch, M., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* (2014), 13, 377-399.
- ³ REGLAMENTO (CE) N° 1333/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios.
- ⁴ María Luisa Escudero-Gilete e Isabel María Vicario Romero. Capítulo 5, Colorantes alimentarios. En: Inmaculada Mateos-Aparicio. Aditivos alimentarios. I Edición. Madrid: Dextra Editorial S.L.; 2017. Página 109-142.
- ⁵ Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. Food colorants: challenges, opportunities and current desires of agroindustries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology* (2016), 52, 1-15.
- ⁶ European Commission. Guidance notes on the classification of food extracts with colouring properties. (2013), 29 November. Adaptado de: María Luisa Escudero-Gilete e Isabel María Vicario Romero. Capítulo 5, Colorantes alimentarios. En: Inmaculada Mateos-Aparicio. Aditivos alimentarios. I Edición. Madrid: Dextra Editorial S.L.; 2017. Página 109-142.
- ⁷ Francisco García Carmona, Fernando Gandía Herrero y Josefa Escribano (2011). La combinación de ciertos pigmentos vegetales genera en las flores patrones de fluorescencia que podrían operar a modo de señal para los polinizadores. *Investigación y ciencia*, abril 2011. Disponible en: www.investigacionyciencia.es
- ⁸ Roriz, C. L., Barros, L., Prieto, M. A., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. Floral parts of *Gomphrena globosa* L. as a novel alternative source of betacyanins: Optimization of the extraction using response surface methodology. *Food Chemistry* (2017), 229, 223-234.
- ⁹ Roriz, C. L., Barros, L., Prieto, M. A., Barreiro, M. F., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. Modern extraction techniques optimized to extract betacyanins from *Gomphrena globosa* L. *Industrial Crops & Products* (2017), 105, 29-40.
- ¹⁰ Martins, N., Roriz, C. L., Moralez, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. *Review, Food and Function* (2017), 8, 1357-1372.
- ¹¹ Pavlov, A., & Bley, T. Betalains biosíntesis by *Beta vulgaris* L. hairy root culture in a temporary inmersión cultivation system. *Process Biochemistry*. (2006), 41 (4), 848-852.
- ¹² Vulíc, J. et Al. Antioxidant and cell growth activities of beet root pomace extracts. *Journal of Functional Foods* (2012), 4 (3), 670-678.

- ¹³ Jerz, G., Skotzki, T., Fiege, K., Winterhalter, P., & Wybraniec, S. Separation of betalains from berries of *Phytolacca americana* by ion-pair high-speed countercurrent chromatography. *Journal of Chromatography A* (2008), 1190 (1-2), 63-73.
- ¹⁴ Mastuti, R., Arumingtyas, E. L., & Fatinah, A. A. Genetic diversity of *Celosia* variants in east java base don polyphenol oxidase-PPO genes. *Procedia Chemistry* (2015), 14, 361-366.
- ¹⁵ Li, H., Deng, Z., Liu, R., Zhu, H., Draves, J., Marcone, M., & Tsao, R. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis* (2015), 37, 75-81.
- ¹⁶ Silva, L., Valentao, P., Faria, J., Ferreres, F., Sousa, C., Gil-Izquierdo, A., Andrade, P. B. Phytochemical investigations and biological potential screening with celular and non-cellular models of globe amaranth (*Gomphrena globosa* L.) inflorescences. *Food Chemistry* (2012), 135 (2), 756-165.
- ¹⁷ Vogt, T., Ibdah, M., Schimdt, J., Wray, V., Nimtz, M., & Strack, D. Light-induced betacyanin and flavonol accumulation in bladder cells of *Mesembryanthemum crystallinum*. *Phytochemistry* (1999), 52 (4), 583-592.
- ¹⁸ Swarna, J., Lokeswari, T. S., Smita, M., & Ravindhnan, R. Characterisation and determination of in vitro antioxidant potential of betalains from *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. *Food Chemistry* (2013), 141 (4), 4382-4390.
- ¹⁹ Roriz C. L., Barros, L., Carvalho, A. M., Santos-Huelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. *Pterospartum tridentatum*, *Gomphrena globosa* and *Cymbopogon citratus*: a phytochemical study focused on antioxidant compounds. *Food Research International* (2014), 62, 684-693.