



FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

TRABAJO FIN DE GRADO
USO DE COLORANTES ALIMENTARIOS

Autor: Qingcheng Qiu

Fecha: Julio de 2020

Tutor: Prof. Dra. Patricia Morales Gómez

ÍNDICE

1.	Resumen	Pág. 3
2.	Introducción	Pág. 3
2.1.	Clasificación de los aditivos alimentarios	Pág. 4
3.	Objetivos	Pág. 5
4.	Metodología	Pág. 5
5.	Resultado y Discusión	
5.1.	Razones de uso de los colorantes alimentarios	Pág. 6
5.2.	Clasificación de colorantes	Pág. 6
5.3.	Colorantes más utilizados en alimentos infantiles	Pág. 11
5.4.	Posibles problemas relacionados con el uso de colorantes	Pág. 15
5.5.	Legislación y seguridad de colorantes alimentarios	Pág. 18
6.	Conclusiones	Pág. 20
7.	Bibliografía	Pág. 20

1. Resumen

Los aditivos alimentarios, en concreto, los colorantes alimentarios tienen una larga historia de desarrollo y han ido evolucionando progresivamente, ya que sin duda, el color es un factor esencial a la hora de selección de los productos por los consumidores. Existen diferentes clasificaciones de los mismos según criterios aplicados como por ejemplo, el color y el origen, todos ellos bajo regulaciones estrictas de cada país, siendo los Reglamentos (CE) 1333/2008 y (UE) 1129/2011, el marco legal que los regula en Europa. En los últimos años se está observando una tendencia creciente de preferencia por parte de los consumidores por los productos naturales, esto unido a los diferentes estudios realizados sobre colorantes sintéticos en los que se pone de manifiesto los efectos negativos de los mismos, ha hecho que la industria alimentaria tenga que adaptarse a estas nuevas demandas y situaciones.

El presente trabajo se ha enfocado en el estudio de los colorantes empleados en los alimentos de la población infantil en diversos aspectos, desde sus características físico-químicas hasta los posibles problemas de salud relacionados con el consumo de los mismos, como son las posibles reacciones alérgicas, intolerancias alimentarias y trastorno de déficit de atención e hiperactividad en los niños, que constituyen las principales preocupaciones en materia de seguridad alimentaria relacionados con este grupo de aditivos alimentarios.

2. Introducción

Según el Reglamento (CE) nº 1333/2008 se define como aditivo alimentario a “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 cuya adición intencionada (con un propósito tecnológico) a un alimento durante su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento tenga por efecto, o puede esperarse razonadamente que tenga por efecto, que el propio aditivo o sus subproductos se convierten directa o indirectamente en un componente del alimento”¹.

Los aditivos alimentarios no surgieron espontáneamente, sino que son productos del desarrollo de la sociedad humana en una determinada etapa. Aunque ya hace más de 10.000 años, los seres humanos comenzaron a usar diferentes sustancias a modo de aditivos alimentarios (e.g. la cúrcuma y la cochinilla), como concepto científico y tecnológico, los aditivos alimentarios aparecieron por primera vez en forma de “aditivos químicos”, derivado de un informe de investigación publicado en el año 1956 por el Comité de Protección de Alimentos del Departamento de Alimentos y Nutrición de EE.UU. titulado “la aplicación de aditivos químicos en el procesamiento de alimentos”². Aunque este concepto sólo ha existido durante algunas décadas, tiene una larga connotación histórica como existencia objetiva.

Hoy en día, los alimentos ya no solo deben cubrir las necesidades fisiológicas para sobrevivir, sino que se espera que agraden a las personas que lo consumen y que sean atractivos para los consumidores. Hay una expresión popular que es “lo que no entra por los ojos no entra por la boca” por la que se afirma que la vista es el sentido que nos dará la primera percepción que determinará la aceptación o el rechazo de un alimento³. Por este motivo el color es sin duda uno de los atributos organolépticos más importantes que influye directamente en la aceptación de los consumidores a la hora de seleccionar un producto u otro, siendo un aspecto muy importante que debe tener en cuenta la industria alimentaria a la hora de desarrollar un nuevo producto.

2.1. Clasificación de los aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios se pueden clasificar según diferentes criterios como su origen, su función, su estructura química, etc. Dentro del Anexo I del Reglamento (CE) 1333/2008, se recoge la clasificación funcional de los aditivos alimentarios¹:

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| - Edulcorantes | - Sales de fundido | - Gases de envasado |
| - Colorantes | - Endurecedores | - Gasificantes |
| - Conservantes | - Potenciadores del | - Gases propelentes |
| - Antioxidantes | sabor | - Secuestrantes |
| - Soportes | - Espumantes | - Estabilizantes |
| - Acidulantes | - Gelificantes | - Espesantes |
| - Correctores de la | - Agentes de | - Agentes de |
| acidez | recubrimiento | tratamiento de las |
| - Antiaglomerantes | - Humectantes | harinas |
| - Antiespumantes | - Almidones | - Emulgentes |
| - Agente de carga | modificados | |

Tal y como se puede observar, una de las clases funcionales de los aditivos alimentarios son los colorantes. Se entiende por **colorante alimentario** aquellas “sustancias que dan color a un alimento o le devuelven su color original” (Real Decreto (CE) 1333/2008)¹.

Los colorantes alimentarios presentan una larga historia de uso. Se utilizaban ya desde la antigüedad, por ejemplo, en el Antiguo Egipto y en Grecia se usaba el azafrán como colorante tradicional, así como en la avanzada Edad Media, los nobles romanos exigían la adición de especias que aportan color a sus platos y en la cocina hispanoárabe era un condimento irremplazable en esta cocina por el color que aportaba a los alimentos⁴.

En casi toda la región mesoamericana, el colorante Rojo cochinilla (carmin, hoy en día conocido como E 120) fue muy apreciado, ya que se utilizó para teñir tanto alimentos como objetos variados (madera, textiles, etc.), también se utilizaba como medicamento y cosmético en el centro de México⁴.

Por otro lado, la cúrcuma fue introducida desde Vietnam a la India, donde se usó como conservante y colorante de los alimentos. La técnica de colorear artificialmente también fue utilizada en la adulteración de los alimentos para alterar la coloración del vino, pimientos, té, queso, etc con diversas sustancias⁴.

Posteriormente, con la llegada de la era industrial, cambió el modo original de producción de alimentos. Las mujeres se incorporaron al mundo laboral y el tiempo de trabajo aumentó, por lo tanto cambiaron los hábitos alimentarios y la forma de elaborar los alimentos. Todo esto hace que el estilo de vida y el patrón de consumo de los alimentos también cambiaran.

La segunda Revolución Industrial fue una época de desarrollo e innovaciones tecnológicas, y científicas sin precedentes, se comienza a observar el surgimiento de la industria química moderna que experimenta una expansión en todos los campos de la producción, incluida la industria alimentaria como con los colorantes alimentarios, de manera que los colorantes sintéticos van a sustituir gradualmente a los colorantes naturales tradicionalmente empleados hasta la fecha. En 1856, Wiliam Henry Perkin, un químico británico extrajo el colorante violeta anilina del alquitrán de hulla, que fue el primer aditivo químico sintético para

alimentos empleado en la historia². A partir de entonces, la gran demanda de la industria textil también ha estimulado la investigación en este campo.

3. Objetivos:

Dada la importancia y el incremento en la frecuencia de consumo de los colorantes alimentarios como parte de la dieta habitual, especialmente en la población infantil, el presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar y recopilar (mediante revisión bibliográfica) los aspectos más relevantes relativos a los colorantes alimentarios, haciendo especial hincapié en sus características, propiedades, condiciones de uso y potencial repercusión del consumo de los mismos en la población infantil.

Para ello se abordaron los siguientes objetivos parciales:

- Conocer la definición, clasificación y legislación vigente de los aditivos alimentarios
- Conocer y clasificar los distintos colorantes empleados como aditivos en la alimentación.
- Conocer y estudiar los principales colorantes alimentarios empleados en alimentos destinados a la población infantil.
- Conocer la legislación y las autoridades implicadas en la evaluación de la seguridad de colorantes alimentarios
- Conocer y estudiar las posibles repercusiones para la salud del consumo de colorantes alimentarios en niños.

4. Metodología:

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

Las bases de datos utilizadas han sido: Science Direct (www.sciencedirect.com), PubMed NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) y Bucea (Biblioteca Complutense; [www. http://biblioteca.ucm.es](http://biblioteca.ucm.es)).

Para facilitar la búsqueda y obtener resultados concretos que no se desviasen del tema de estudio, se emplearon "palabras clave" como: **aditivos alimentarios, colorantes alimentarios, intolerancias alimentarias, alergia alimentaria**, etc.

Así mismo, se realizó un estudio de campo en el que se visitaron algunos supermercados locales y se detectaron en el etiquetado de los alimentos más consumidos por los niños aquellos colorantes alimentarios más empleados en los mismos.

5. Resultado y discusión

5.1. Razones de uso de los colorantes alimentarios

Quizás los colorantes alimentarios sean uno de los grupos más polémicos dentro de los aditivos alimentarios en cuanto a que su aplicación se debe más a una cuestión psicológica (el color puede considerarse uno de los atributos más impresionantes y deliciosos de los alimentos, que influye directamente en la preferencia, la selección y los deseos de los consumidores) que de necesidad, ya que son los aditivos alimentarios menos indispensables y, de hecho, con frecuencia se han considerado como los “aditivo inútiles”.

A pesar de ellos, los consumidores queremos que los productos alimenticios sean más saludables y nutritivos, pero que también sean más deliciosos y atractivos, por lo que hoy en días es casi inevitable el uso de colorantes alimentarios.

A continuación se citan algunas de las razones de uso de los colorantes alimentarios por parte de la industria alimentaria³:

- Para recuperar el aspecto original del alimento de manera que su color se ha alterado durante los procedimientos tecnológicos industriales.
- Para asegurar uniformidad del color ya que la intensidad varía en la naturaleza y los consumidores estamos acostumbrados al color estandarizado de un producto alimenticio y no aceptaríamos que éste varíe sustancialmente, incluso aunque no afectase en nada más al alimento.
- Para intensificar los colores originales de los alimentos o incluso mejorar su apariencia.
- Para conservar las características del alimento
- Para proteger las vitaminas sensibles a la luz actuando de pantalla solar.
- Para contribuir a la indicación visual de buena calidad del alimento, porque el color está frecuentemente asociado a la madurez, la presencia de impurezas, la aplicación inadecuada de un proceso tecnológico, malas condiciones de almacenamiento, etc.
- Para proporcionar una apariencia agradable a los alimentos.

Por ejemplo, los fabricantes de golosinas utilizan una gran variedad de colorantes y aromatizantes en sus productos para hacerlos más apetecibles y atractivos entre la población infantil⁵. Otro buen ejemplo sería el uso de colorantes rosa (principalmente E 120) en el yogur de fresa como atributo imprescindible para que los niños piensen que están comiendo yogur de fresa por una simple razón psicológica.

5.2. Clasificación de colorantes

Los colorantes se pueden clasificar atendiendo a diferentes formas, dentro de las cuales, la más común es según su color y su origen.

Atendiendo a su **color**, se pueden clasificar numéricamente según la codificación del número E, en Tabla 1.

Tabla 1. Colorantes alimentarios clasificados según su color⁶

Color	Nº E	Denominación
Amarillo	E 100	Curcumina
	E 101	Riboflavinas
	E 102	Tartrazina
	E 104	Amarillo de quinolina
	E 110	Amarillo ocaso FCF
Rojo	E120	Cochinilla, ácido carmínico, carmines
	E122	Azorrubina, Carmoisina
	E123	Amaranto
	E124	Ponceau 4R rojo cochinilla A
	E127	Eritrosina
	E129	Rojo Allura AC
Azul	E 131	Azul patente V
	E 132	Indigotina, carmín índigo
	E 133	Azul brillante FCF
Verde	E 140	Clorofilas(i), clorofilinas(ii)*
	E 141	Complejos de cobre de clorofilas y clorofilinas
	E 142	Verde S
Marrón	E 150a E 150b E 150c E 150d	Caramelo natural Caramelo de sulfito cáustico Caramelo amónico Caramelo de sulfito amónico
	E 155	Marrón HT
Negro	E151	Negro brillante BN, negro PN
	E 153	Carbón vegetal
Amarillo, rojo o naranja	E 160a E 160b E 160c E 160d E 160e	Carotenos Annato, bixina, norbixina Extracto de pimentón, capsantina, capsorrubina Licopeno Beta-apo-8''-carotena(C30)
	E 161b E 161g	Luteína Cantaxantina
	E 162	Rojo de remolacha, betanina
	E 163	Antocianinas
Inorgánicos	E 170	Carbonato de Calcio
	E 171	Dióxido de titanio
	E 172	Óxidos e hidróxidos de hierro
	E 173	Aluminio

	E174	Plata
	E175	Oro

*Entre las cinco clorofilas diferentes que existen, solo dos (a y b) se usan en la industria alimentaria como colorantes debido a su compleja estructura hace que sean difíciles de estabilizar, siendo este el principal inconveniente de su uso en la industria.

Por otro lado, **según su origen**, podemos clasificar a los colorantes alimentarios en, colorantes naturales y sintéticos:

Colorantes naturales

Los colorantes naturales son aquellos que se obtienen de materiales naturales de origen vegetal o mineral (por ejemplo, plantas, frutas, fuentes minerales, etc.) o bien derivan de algunas transformaciones bioquímicas de los alimentos, como ocurre con el caramelo (E 150a) que se obtiene por pardeamiento no enzimático al calentar el azúcar común (sacarosa) dando lugar a la síntesis del hidroximetilfurfural (compuesto responsable del color marrón del mismo). También pueden ser de origen animal, como el ácido carmínico o rojo cochinilla (E 120), que procede de las hembras del insecto cochinilla.

Normalmente se considera que los colorantes naturales son inocuos y tienen menos limitaciones en su utilización que los colorantes sintéticos. Los colorantes naturales que están actualmente autorizados en la UE están recogidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Los colorantes naturales de origen natural autorizados en la Unión Europea son los siguientes^{3,6} :

Nº E	Denominación	Tonalidad	Obtención	Principales aplicaciones
E 100	Curcumina A	Amarillo-Naranja	Rizomas terrestre de la cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.)	Mostaza, helados, yogures, bollería, productos lácteos
E 101	Riboflavina, Lactoflavina (i), Riboflavin-5"-fosfato (ii)	Amarillo-Naranja	Levaduras, germen de trigo, huevos, hígados de animales	Pastelería, alimentación infantil, platos preparados, salsas
E 120	Cochinilla, ácido carmínico, carmines	Rojo	Cuerpos desecados de la hembra del insecto <i>Dactylopus coccus</i> Costa	Productos lácteos, mermeladas, helados, bebidas refrescante sin gas
E 140	Clorofilas (i), clorofilinas (ii)*	Verde	Algas	Bebidas refrescantes, productos lácteos
E 150a E 150b E 150c E 150d	Caramelo natural Caramelo de sulfito cáustico Caramelo amónico Caramelo de sulfito amónico	Marrón	Tratamiento térmico controlado de azúcar (sacarosa y otros)	Bebidas alcohólicas (ron, whisky, coñac), salsas, productos de confitería
E 153	Carbón vegetal	Negro	Carbonización de materiales vegetales (maderas, residuos de celulosa)	Como colorante tiene poca importancia, productos de confitería
E 160a	Carotenos	Amarillo-Naranja	Extracción de plantas comestibles (zanahorias, alfalfa, hierbas)	Embutidos, mantequillas y bebidas refrescantes
E 160b	Annato, bixina, norbixina	Naranja	Extracto de <i>Bixa Orellana</i> L.	Galletas, arroz, productos lácteos, harina, refrescos, aperitivos y productos cárnicos
E 160e	Beta-apo-8' -carotenal (C30)	Naranja-Rojizo-Amarillo	Naranjas y mandarinas	Queso fundido, derivados de pescado y crustáceos, pescados ahumado
E 161b	Luteína	Naranja-Rojizo-Amarillo	Extracción con disolventes de las plantas y frutos comestibles (<i>Medicago sativa</i> L., <i>Tagetes erecta</i> L.)	Queso fundido, jaleas, mermeladas, pescado, confituras
E 161g	Cantaxantina	Violeta	Oxidación del beta-caroteno. Extraer de crustáceos o por transformación microbiológica de <i>Cantharellu cinnabarinus</i> (Schwein), <i>Brevibacterium</i> KY-4313	Alimento para truchas, salmones y gallinas
E 162	Rojo de remolacha, betanina	Rojo	Presión de las raíces de la remolacha roja (<i>Beta vulgaris</i> L.)	Helados, productos lácteos, bebidas refrescantes, mermeladas
E 163	Antocianinas	Depende del pH (rojo-violeta)	Maceración o extracción acuosa o etanólica de hortalizas y frutas comestibles (fresas, cerezas, uvas...)	Refrescos, dulces, frutas, queso, mermeladas
E 170	Carbonato de Calcio	Blanco	Piedra caliza molida o por la precipitación de iones de calcio con iones de carbonato	Confitería, productos de pescado y productos de pesca elaborados, sal
E 171	Dióxido de titanio	Blanco	Pigmento ampliamente utilizado	Pescado y productos derivados
E 172	Óxidos e hidróxidos de hierro	Marrón	Óxido de hierro anhidro o hidratado	Pastelería, corteza de quesos
E 173	Aluminio	Plateado a gris oscuro	Polvo o láminas delgadas de aluminio	Cobertura de productos de confitería a base de azúcar, decoración
E174	Plata	Plateado	-	Cobertura de productos de confitería, decoración.
E175	Oro	Dorado	-	Cobertura de productos de confitería

*Entre las cinco clorofilas diferentes que existen, solo dos (a y b) se usan en la industria alimentaria como colorantes debido a su compleja estructura hace que sean difíciles de estabilizar, siendo este el principal inconveniente de su uso en la industria.

Colorantes sintéticos

Por otro lado, los colorantes sintéticos son aquellos que se obtienen por síntesis química y no existen su equivalente de forma natural. Se utilizan ampliamente en la industria alimentaria para mejorar la apariencia de numerosos alimentos, a pesar de que se ha restringido su uso e incluso se han prohibido una cantidad considerable de ellos debido a las potenciales implicaciones negativas para la salud derivadas de su consumo. Los colorantes sintéticos que actualmente están permitidos según el Reglamento(UE)1129/2011 en la Unión Europea se recogen en la Tabla 3.

Tabla 3. Colorantes sintéticos permitidos para ser utilizados en alimentos^{3, 6}:

Nº E	Denominación	Tonalidad	Principales aplicaciones
E 102	Tartrazina	Amarillo limón	Productos lácteos fermentados, helados, chicle, salsa, pastelería y postre
E 104	Amarillo de quinoleína	Amarillo	Helados, confituras, jaleas, mermeladas
E 110	Amarillo Ocaso FCF/Anaranjado S	Anaranjado	Gelatinas, confituras, jaleas, mermeladas
E 122	Azorrubina, Carmoisina	Rojo	Salsas rojas, bebidas aromatizadas, bebidas alcohólicas
E 123	Amaranto	Rojo oscuro	Huevas, bebidas espirituosas, vinos aromatizados
E 124	Ponceau 4R rojo cochinilla A	Rojo	Chorizo, salchichón, mermeladas
E 127	Eritrosina	Rojo	Cerezas de cóctel o confitadas
E 129	Rojo Allura AC	Rojo	Productos lácteos fermentados, nata aromatizada, helados, confitería
E 131	Azul patente V	Azul oscuro	Conservas de frutos rojos, productos lácteos fermentados, helados
E 132	Indigotina, carmín índigo	Índigo	Lácteos fermentados, helados
E 133	Azul brillante FCF	Azul	Frutos secos, frutas y verduras en vinagre.
E 142	Verde S	Verde	Conservas, confituras, mermeladas, helados, jaleas
E 151	Negro brillante BN, negro PN	Negro	Regliz, productos ahumados
E 155	Marrón HT	Marrón	Marcado veterinario, helados
E 180	Litolrubina BK	Rojo	Corteza de queso

5.3. Colorantes más utilizados en alimentos infantiles:

El presente Trabajo de Fin de Grado se va a centrar sobre todo en el uso de colorantes alimentarios empleados en los alimentos más consumidos por la población infantil (los cuales suelen presentar colores vivos y llamativos para atraer la atención de los niños) que incluyen productos de confitería, como los caramelos y las golosinas, productos de repostería, bebidas refrescantes, productos lácteos, mermeladas, helados, snacks, etc.

Tras realizar un estudio de campo y evaluar la presencia de colorantes en alimentos ampliamente consumidos por niños, podemos concluir que los colorantes comunes y más utilizados en este tipo de alimentos, son: Tartrazina (E 102), Amarillo Ocaso FCF (E 110), Rojo Allura AC (E 129) y Azul brillante FCF (E 133), que representan el 90% de colorantes alimentarios utilizados en productos comercializados para el consumo infantil, dentro de ellos, los colorantes más utilizados en las golosinas son: curcumina (E 100), cochinilla (E 120), betanina (E 162), tartrazina (E 102) y azul brillantes FCF(E 133)⁷.

La Tabla 4 muestra a modo de ejemplo, algunos de los alimentos seleccionados en base a su contenido en colorantes alimentarios.

Tabla 4. Ejemplo de alimentos típicamente consumidos por niños y los colorantes empleados:

Productos	Colorantes añadidos
Caramelos de goma (Haribo® ositos de oro)	Tartrazina (E 102), rojo allura AC (E 129), azul brillante FCF (E 133), carotenos de plantas (E 160a), antocianinas (E 163), curcumina (E 100), amarillo de quinoleína (E 104), carmines (E 120), carmoisina (E 122), ponceau 4R (E 124), azul patente V (E 131), indigotina (E 132), complejos cúpricos de clorofilas y clorofilinas (E 141), carbón vegetal (E 153), beta-caroteno (E 160a), dióxido de titanio (E 171), luteína (E 161b)
Queso fresco semidesnatado con sabor a fresa (Danonino Petit Suisse®)	Carmines (E 120)
Pastel de cobertura rosa y relleno de crema sabor nata (Pantera Rosa®)	Carmines (E 120), extracto de pimentón, capsantina y capsorrubina (E 160c), dióxido de titanio (E 171)
Bebida refrescante de zumo de frutas (Fanta®)	Clorofilas (i) y clorofilinas (ii) (E 140), luteína (E 161b)
Helado de hielo con sabor lima-limón (Frigo Calippo®)	Curcumina (E 100), Complejo cúpricos de clorofilas y clorofilinas (E 141)
Aperitivo de maíz frito (Doritos®)	Amarillo Ocaso FCF (E 110), tartrazina (E 102), rojo allura AC (E 129)

Dentro de los colorantes más empleados en alimentos ampliamente consumidos por la población infantil, encontramos:

Curcumina (E 100)

Es un **colorante natural** de color amarillo brillante que se extrae a partir de los rizomas secos de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.). Es un colorante que se añade frecuentemente a condimentos como el curry y las mostazas para dar el color característico, también se encuentra en yogures, quesos y las conservas de pescado y vegetales entre otros muchos⁸. La estructura química se muestra en la figura 1.

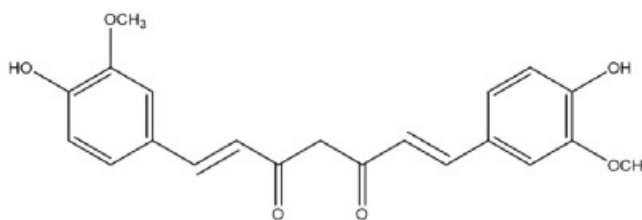


Figura 1. Estructura química de curcumina⁹.

Cochinilla (E 120)

Es un **colorante natural** rojo también llamado carmín o ácido carmínico. Se obtiene a partir de extractos acuosos o alcohólicos de la cochinilla, que son cuerpos desecados de las hembras del insecto *Dactylopius Coccus* (para conseguir un kg de este colorante se necesitan 160.000 insectos), cuando se combina con aluminio, presenta un color rojo brillante¹⁰. Este colorante es más caro en comparación con otros colorantes rojos naturales, como las antocianinas, pero es ampliamente utilizado debido a su estabilidad. Se suele emplearlo en productos de sabor a fresa y otros muchos alimentos (mermeladas, gelatinas, productos horneados, yogures, productos lácteos y bebidas no carbonatadas), así como excipiente farmacéutico y en productos cosméticos⁸. La estructura química se muestra en la figura 2.

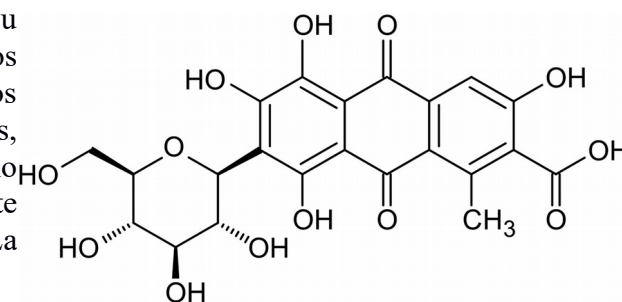


Figura 2. Estructura química de ácido carmínico¹¹.

Complejos cúpricos de clorofilas(i) y clorofilinas(ii) (E 141)

Las clorofilas y clorofilinas cúpricas son **colorantes naturales** que se obtienen mediante la adición de la sal de cobre a los extractos de los materiales vegetales. El color puede variar de azul verdoso a verde oscuro dependiendo de la fuente material (hierba, alfalfa, etc.)¹². Las estructuras químicas se muestran en la figura 3.

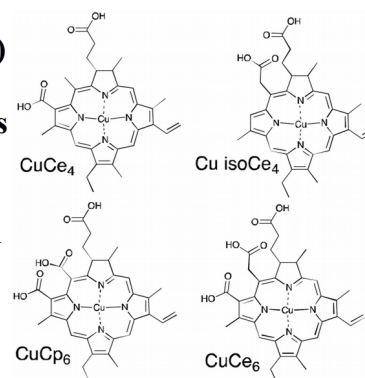


Figura 3. Estructura química de clorofilas y clorofilinas cúpricas¹³.

Carbón vegetal (E 153)

Se trata de un **colorante natural** de color negro que se obtiene mediante la carbonización de materias vegetales, como madera, residuos de celulosa y cáscaras de coco¹². Se pueden obtener dos productos de carbono vegetal con diferentes tamaños de partículas a partir del proceso de fabricación y ambos productos se usan como aditivos alimentarios¹⁴. Se suele utilizar en productos lácteos y de confitería.

Carotenos (E 160a)

Es un **colorante natural** de color amarillo a naranja. Dentro de los carotenos se dividen en 4 subcategorías¹²:

- Beta-carotenos: estas especificaciones se refiere principalmente a los isómeros trans, también se aplican a otros carotenoides.

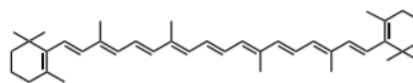


Figura 4. Estructura química de beta-caroteno¹⁵.

- Carotenos de plantas: se obtienen de plantas comestibles (zanahorias y otras hierbas) mediante la extracción. La mayor parte está constituida por beta-carotenos, también están presentes los alfa-carotenos, gamma-carotenos y otros pigmentos.

- Beta-carotenos de *Blakeslea trispora* Thaxter: Se obtiene mediante la fermentación de un cultivo mixto del hongo *B. trispora*, y tras la cristalización del extracto de la biomasa. La estructura química del beta-caroteno se muestra en la figura 4.

Luteína (E 161b)

Es un **pigmento natural** de color amarillo, perteneciente a la familia de los carotenoides, que se encuentra en materiales vegetales, plantas y frutos comestibles, etc¹⁰. Se cree que previene algunas enfermedades como las cataratas por lo que se añade en alimentos fortificados funcionales como el queso crema, la leche bovina y algunas bebidas¹⁶. Sin embargo, su aplicación está limitada por la inestabilidad ambiental y la baja hidrosolubilidad. La estructura química se muestra en la figura 5.

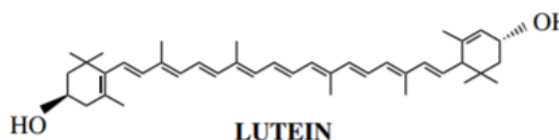
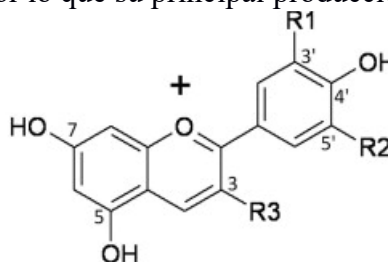


Figura 5. Estructura química de luteína¹⁵

Antocianinas (E 163)

Las antocianinas son pigmentos **natural** tipo flavonoides, que se encuentran frecuentemente como metabolitos secundarios en las plantas, por lo que su principal producción es a través de la extracción y el aislamiento de los tejidos vegetales ya que se depositan dentro de la vacuola de las células de hojas, pétalos, frutos, etc. El color de las antocianinas puede variar de rojo a púrpura y azul dependiendo de las condiciones externas como pH, temperatura, humedad, etc¹⁷. Dado su color, son una alternativa natural interesante a los colorantes alimentarios rojos o púrpuras¹⁸. La estructura química se muestra en la figura 6.



	<u>R1</u>	<u>R2</u>	<u>R3</u>
Pelargonidin	H	H	OH
Cyanidin	OH	H	OH
Delphinidin	OH	OH	OH
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	OH
Pelargonidin-3-glucoside	H	H	O-glucose

Figura 6. Estructura química de antocianinas¹⁹.

Betalaína (E 162)

Es un pigmento **natural** extraído mediante un proceso de cocción a partir de varias fuentes como las más comunes y ampliamente conocidas son las pertenecientes a las familias *Amaranthaceae* (*Beta vulgaris* L. y *Amaranthus spp.*) y *Cactaceae* (*Opuntia xocconostle* F.A.C. Weber e *Hylocereus spp.*)²⁰, que pueden estar presentes en semillas, hojas, flores, brotes, partes aéreas, raíces e incluso en frutas. Se distinguen dos clases diferentes de betalaínas: betacianinas y betaxantinas, que difieren en el color que son de rojo a rojo-violeta y amarillo, respectivamente. Sin embargo, además de sus atributos de coloración, las betalaínas, así como muchos otros compuestos naturales, presentan una considerable inestabilidad química relacionada con varios factores ambientales, como la luz, la temperatura, el oxígeno, el valor del pH, humedad y las condiciones de almacenamiento²⁰, por lo que se complica su uso generalizado. Entre los alimentos en los que se permite su uso, encontramos helados, yogures y productos de confitería. Las estructuras químicas de las betalaínas se muestran en la figura 7.

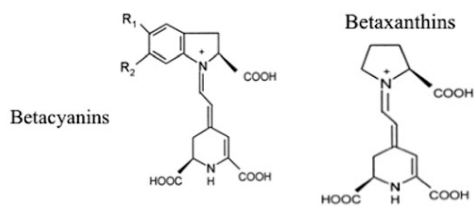


Figura 7. Estructura química de betalaínas²⁰.

Tartrazina (E 102)

Es el **colorante sintético** tipo azoico de color amarillo más utilizados en la industria alimentaria, es un producto sintético que actualmente se intenta sustituir por otros colorantes para limitar su consumo debido a los posibles efectos secundarios derivados de su consumo, como asma y urticaria.²¹ Se utiliza de modo habitual en forma de polvo amarillo-anaranjado para cocinar como colorantes de paellas, etc.

Amarillo de quinoleína (E 104)

Es un **colorante sintético** derivado de la quinoftalona que se comercializa como una mezcla de derivados de ácido mono, di y trisulfónico²². Es ampliamente utilizado como aditivo alimentario en refrescos o zumos de frutas²³.

Amarillo ocazo FCF (E 110)

Es un **colorante sintético** de color amarillo intenso a naranja brillante, uno de los colorantes azoicos que deriva del petróleo, como la tartrazina. Se usa frecuentemente en combinación con ese colorante o con el amaranto para dar un color marrón principalmente en productos de confitería.

Carmoisina (E 122)

Es un **colorante sintético** tipo azoico de color rojo también llamado azorrubina, generalmente se presenta en forma de sal disódica, por lo que es altamente soluble en agua, se usa ampliamente como colorante alimentario en alimentos como panecillos suizos, pan rallado, mermeladas, yogures, etc²⁴.

Ponceau 4R (E 124)

También es un **colorante sintético** azoico que generalmente se usa para dar color rojo brillante a los jarabes, refrescos, dulces y alimentos enlatados, además es muy común su aplicación en productos cosméticos²⁵ debido a su buena solubilidad y alta estabilidad.

Rojo Allura AC (E 129)

Es otro de los **colorantes sintéticos** azoicos derivado del petróleo que fue introducido en EE.UU. en los años ochenta para sustituir a amaranto donde es prohibido su uso. Se puede encontrar en zumos de frutas, productos de pastelería, gelatinas, aperitivos, entre otros²⁶.

Azul patente V (E 131)

Es un **colorante sintético** azoico de color azul oscuro, a parte de su uso como colorante alimentario en alimentos como licor curasao y gelatinas, se utiliza para identificar el ganglio centinela en el cáncer de mama²⁷.

Indigotina (E 132)

También conocido como el carmín de índigo, es un **colorante sintético** de color índigo o azul oscuro que antiguamente se obtenía de forma natural de las hojas de *Indigofera tinctoria* L., *Indigofera suifruticosa* Mill. o *Isatis tinctoria* L.²⁸

Azul brillante FCF (E133)

Es un **colorante sintético** azul que se añade a los alimentos, refrescos, golosinas. A veces se utiliza en combinación con tartrazina para dar color verde. Es una sal disódica que también pertenece al grupo de los colorantes azoicos derivado del petróleo. Este colorante no se absorbe por el tracto intestinal, por lo que se tiñen las heces de color verde. Puede inducir síntomas alérgicos sobre todo en niños con problemas atópicos²⁹.

5.4. Posibles problemas relacionados con el uso de colorantes

No obstante, aunque los colorantes alimentarios sintéticos han presentado una gran versatilidad y bajo coste para la industria alimentaria, éstos han sido sustituidos progresivamente por colorantes alimentarios de origen natural, en teoría más seguros, específicos, sin efectos adversos y toxicidad relacionada. Con el tiempo, la mayoría de los colorantes sintéticos fueron prohibidos debido a los efectos secundarios y toxicidad observada a corto y largo plazo, así como por sus posibles efectos cancerígenos. La mayoría de los productos alimenticios en los que se aplican estos colorantes son de consumo diario, es decir, bebidas, cócteles, bebidas alcohólicas, productos cárnicos, yogures, productos de confitería, chucherías, cerezas confitadas, etc.

Se cree que el consumo de colorantes alimentarios por los niños puede inducir intolerancias alimentaria (no mediada por el sistema inmunitario) y reacciones alérgicas (mediadas por el sistema inmunitario)³⁰ (Figura 8), que van desde urticaria y/o angioedema y asma hasta anafilaxia).

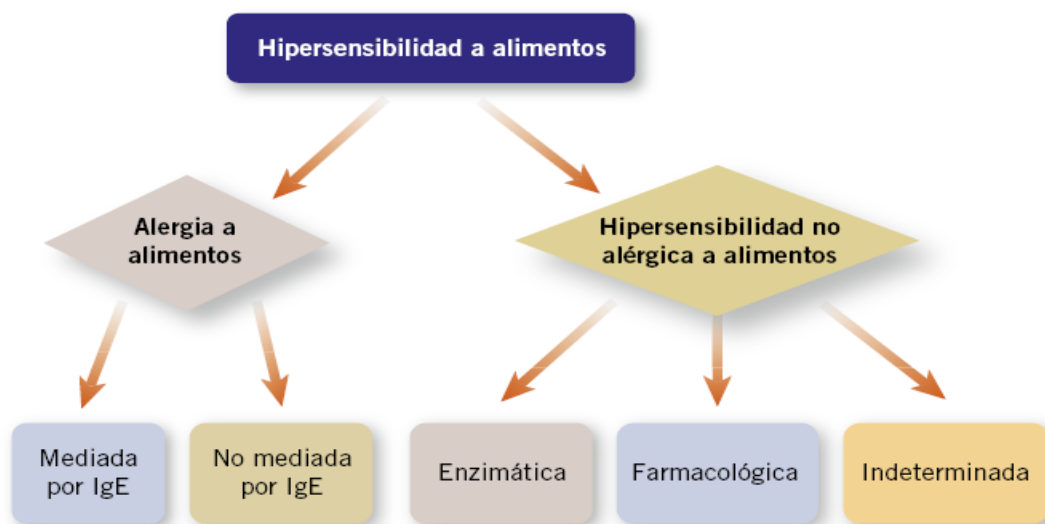


Figura 8. Clasificación de reacciones adversas a alimentos³⁰.

Hablamos de reacciones alérgicas cuando se produce una reacción adversa por un mecanismo inmune, donde participa la IgE específica (mediada por IgE), o mediada por células (no mediada por IgE)³¹ (Figura 9). Por lo general, la sensibilización alimentaria mediada por IgE puede demostrarse basándose en la detección de IgE específica para el compuesto/alimento involucrado, mediante pruebas de laboratorio o la prueba de punción cutánea (SPT). Pero hay casos en los que los sujetos pueden estar sensibilizados a los alérgenos alimentarios pero no presentan síntomas clínicos después de la exposición, por lo que dificulta su diagnóstico.

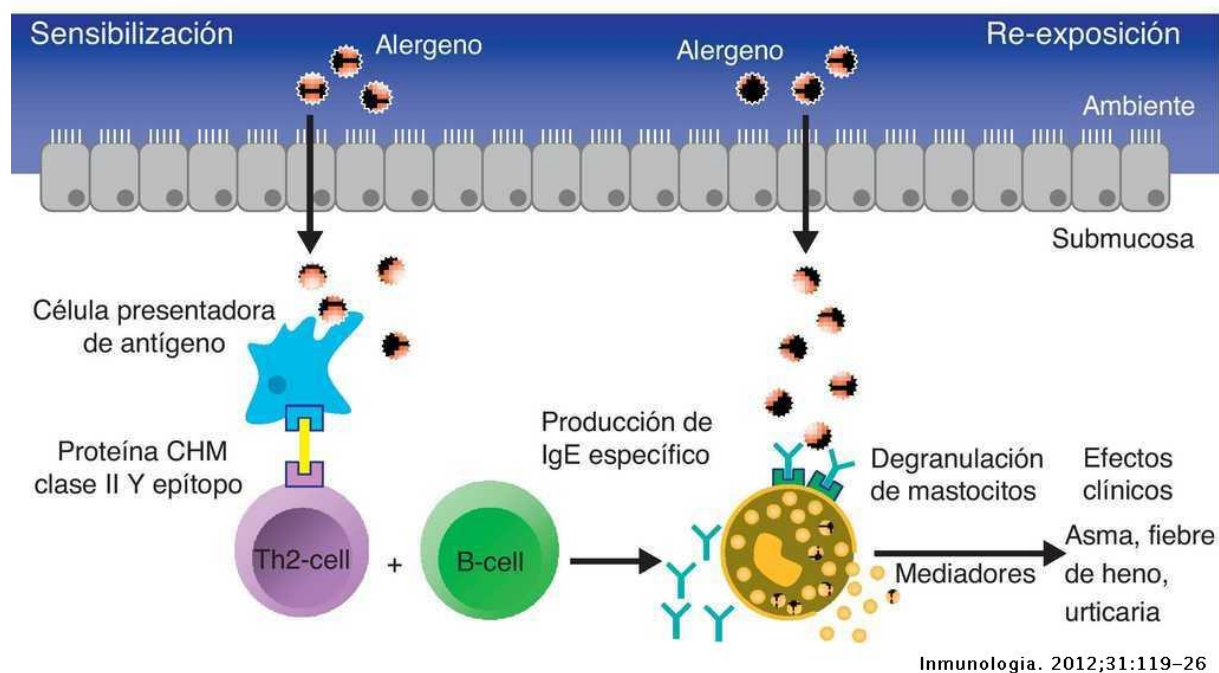


Figura 9. Mecanismo inmunológico mediado por IgE³¹.

Sin embargo, aunque los aditivos, incluidos los colorantes alimentarios, han sido usados desde la antigüedad, se ha informado de reacciones alérgicas relacionados a los aditivos en muy pocos estudios poblacionales e informes de casos, por lo que no se ha estudiado la prevalencia de intolerancia o reacciones alérgicas a los colorantes alimentarios por sí solas, incluso en la población adulta, pero en general, se considera baja.

Por otro lado, según los estudios realizados por Fuglsang y colaboradores, concluyeron que los aditivos (incluidos los colorantes alimentarios) producen más reacción alérgica en niños con enfermedad atópica que en niños sanos, la prevalencia fue de un 7% frente a un 1 – 2%^{32,33}. Hay que tener en cuenta que la cantidad de colorantes alimentarios consumidos diariamente por los niños también influye en la prevalencia de reacciones adversas, por lo que la variedad de los productos consumidos también afecta, ya que es posible que la cantidad de colorantes es acumulativa por diferentes fuentes del consumo, y supera a los valores de IDA (ingesta diaria admisible) establecidos por EFSA y FDA, donde la IDA es un instrumento práctico para estimar la seguridad de los aditivos alimentarios y llevar a cabo su control regulatorio.

Uno de los ejemplo de colorante alimentario donde sí existe evidencia científica de problemas relacionados con su consumo es la **tartrazina (E 102)**, que ha sido asociado con la producción de urticarias, angioedemas e inducción del asma²⁹. El primer caso reportado de la urticaria inducida por tartrazina fue en el año 1959 por Lockey³⁴. En otros estudios más recientes también se han asociado la tartrazina con la producción de urticarias, aunque la incidencia sea muy baja (1%), estos estudios sugieren que los pacientes con antecedentes de reacciones adversas que podrían atribuirse a este colorante deberían plantear otras posibles causas de la reacciones alérgicas cruzadas³⁵, por ejemplo en pacientes con asma y/o alergia a la aspirina³⁶. De hecho, este colorante alimentario está prohibido su uso en Noruega y Australia pero no en España²⁹. No obstante, en Europa la presencia de este colorante debe mencionarse claramente en el etiquetado de los productos destinados a alimentos y productos farmacéuticos, con el fin de proporcionar información clara y esencial a las personas que pudieran presentar reacciones alérgicas a este colorante³⁷.

Otro ejemplo es la **cochinilla (carmín o rojo cochinilla, E 120)**, este colorante puede causar síntomas de alergia por diferentes vías: inhalatoria, digestiva y contacto cutáneo. Se ha reportado casos de asma ocupacional y de alveolitis alérgica en trabajadores de fábricas de este colorante producido por la inhalación de carmín y reacciones alérgicas cutáneas, angioedemas, urticarias y anafilaxia³⁸.

Por lo tanto, a pesar de que en general los pigmentos naturales ofrecen una gran ventaja en comparación con los sintéticos, es necesario igualmente evaluar su seguridad y sus efectos producidos en la salud.

Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)

El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos de tipo neurobiológico más frecuentes de la infancia. La etiología de este trastorno todavía no está claro, pero se ha relacionado con múltiples factores, tanto genético como ambientales. Además, la asociación de los colorantes alimentarios sintéticos y otros aditivos alimentarios con el cambio conductual, especialmente en niños, también ha sido planteada muchas veces por los científicos como posible agravante de dicha enfermedad.

El primer estudio sobre la relación entre algunos colorantes sintéticos y el TDAH fue realizado en el 1975 por Feingold que tras la eliminación de la dieta de ciertos colorantes sintéticos (incluida la tartrazina), saborizantes y salicilatos observó una mejora en el comportamiento y las habilidades de aprendizaje en los niños³⁹. Sin embargo, su estudio tenía limitación porque no había grupos de control, por lo que no se podía concluir una relación

causal directa entre esos aditivos alimentarios con la hiperactividad de los niños. Posteriormente, se realizaron numerosos estudios basándose en la hipótesis de Feingold y obtuvieron resultados similares^{40,41}, mientras que en otros estudios no brindaron apoyo a la hipótesis⁴². Todos estos estudios estaban limitados por la metodología utilizada, ya que generalmente eran solo niños hiperactivos y sensibles, el número de participantes también era pequeño, donde la observación del comportamiento de los niños fue realizada por los profesores y los padres, por lo que en general, no estudiaron la dependencia de la dosis-respuesta y tampoco vincularon el efecto de comportamiento adverso con un aditivo alimentario específico. Por otro lado, el metanálisis realizado por Kavale y Forness en el año 1983 concluyó que la modificación de la dieta no es una intervención efectiva para la hiperactividad⁴³.

Sin embargo, otro estudio publicado por investigadores de la Universidad de Southampton en el 2007 que evaluaron la relación entre los aditivos alimentarios y la hiperactividad, analizaron los efectos de dos combinaciones de Tartrazina (E 102), Amarillo de quinolina (E 104), Amarillo Ocaso FCF (E 110), Ponceau 4R (E 124), Rojo Allura AC (E 129), Carmoisina o Azorrubina (E 122) y benzoato de sodio (E 211) sobre el comportamiento de los niños, cinco de los seis colorantes alimentarios pertenecen al grupo de colorantes azoicos sintéticos, el otro (Amarillo de quinolina - E 104), es una quinoftalona y el benzoato de sodio es un aditivo que se usa como conservante alimentario. Estos autores concluyeron que la exposición a colorantes sintéticos y/o el benzoato de sodio a través de la dieta da como resultado un aumento de la hiperactividad en niños de 3 años y de 8 a 9 años en la población general⁴⁴.

Así mismo el panel AFC (panel científico sobre aditivos alimentarios, saborizantes, auxiliares tecnológicos y materiales en contacto con alimentos) tras la evaluación del estudio de McCann et al. concluyó que los resultados pueden ser relevantes para individuos específicos dentro de la población, mostrando sensibilidad a los aditivos alimentarios en general o al colorante alimentario en particular⁴⁵.

Por otra parte, según se indica en el Reglamento (CE) N° 1333/2008 en el etiquetado de los alimentos que contengan Tartrazina (E 102), Amarillo de quinoleína (E 104), Amarillo anaranjado (E 110), Azorrubina o Carmoisina (E 122), Rojo Cochinilla Artificial (E 124) y Rojo Allura AC (E 129) se debe incluir una información adicional obligatoria: «nombre o número E del/de los colorante(s): puede tener efectos negativos sobre la actividad y la atención de los niños.»¹ para advertir a aquella población con el trastorno diagnosticado ya que los estudios realizados mostraron resultados relevantes para los niños con tendencia a la hiperactividad.

5.5. Legislación y seguridad de colorantes alimentarios

La autoridad europea que se encarga de evaluar la seguridad de los colorantes alimentarios es la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), mientras que a nivel internacional hay comité científico de expertos denominado Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) que está bajo administración de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS)³⁶.

Estas evaluaciones se lleva a cabo por la Comisión Técnica de Aditivos y Aromas Alimentarios (FAF) de la EFSA mediante revisiones de todos los estudios científicos

disponibles, así como de los estudios sobre la posible toxicidad que pueden producir tantos en humanos como animales, y a partir de estos resultados la Comisión Técnica saca conclusiones sobre la seguridad de dicha sustancia, de esta manera determina un nivel máximo del aditivo al que no produce efectos tóxicos observados denominado “Nivel sin efecto adverso observado” (NOAEL= no observed adverse effect level)³⁶, con este parámetro se determina la cantidad de ingesta diaria admisible (IDA) para cada colorante. La IDA se define como la cantidad de un aditivo alimentario que se puede ingerir diariamente durante toda la vida sin que presente un riesgo apreciable para salud, este valor se ha calculado con un margen de seguridad amplio y es aplicable en todos los países.

Todos los aditivos comercializados en la Unión Europea antes de ser autorizados deben ser evaluados por las autoridades correspondientes, tienen que demostrar que son seguros y necesarios, además, asegurar que la cantidad que se añade al alimento está dentro de lo permitido. Estos aditivos alimentarios en concreto está incluido en una lista reflejada en el Reglamento (UE) 1129/2011 donde se modifica el anexo II del Reglamento (CE) 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Teniendo en cuenta el creciente interés en el uso de aditivos alimentarios observado durante las últimas décadas, el desarrollo de prácticas regulatorias de manera adecuada y estricta es obligatorio, con el fin de garantizar buenas prácticas de fabricación a nivel industrial, y el mantenimiento de la salud y la seguridad del consumidor a corto y largo plazo²⁰.

Los colorantes alimentarios sintéticos se utilizan en gran medida, pero la industria alimentaria se centra cada vez más en el descubrimiento de alternativas efectivas y más seguras a muchos aditivos alimentarios de origen sintético debido a los potenciales efectos adversos observados y la posible toxicidad tanto a corto como a largo plazo, como las reacciones alérgicas, efectos conductuales y neurocognitivos relacionados con su uso.

De lo contrario, los colorantes alimentarios de origen natural parecen proporcionar alta calidad, eficiencia y propiedades organolépticas, y también juegan un papel importante como promotores de la salud como es el caso de las antocianinas, los carotenoides, los compuestos fenólicos, los derivados de la remolacha y algunos curcuminoides por sus propiedades antioxidantes, siendo estos los más utilizados hoy en día. De todos ellos se han aplicado prácticas reguladoras muy estrictas para garantizar la calidad de los alimentos³⁶ y se llevan a cabo investigaciones periódicas para evaluar su seguridad real y su uso futuro.

Actualmente, existe una gran variedad de colorantes alimentarios que se aplican en la industria alimentaria que ha sido muy analizada, tanto por agencias reguladoras como por leyes actualizadas posteriores, así como por investigadores científicos, que ejercen un estudio minucioso y cada vez más detallado de los colorantes alimentarios, incluida una amplia variedad de criterios de evaluación. Por eso, las listas de colorantes alimentarios permitidos y prohibidos se van actualizando progresivamente, pero se observan discrepancias importantes entre los diferentes países, hay ciertos colorantes alimentarios que están prohibidos en algunos países, pero no en otros según la legislación de cada uno. Como por ejemplo los colorantes Tartrazina (E 102), Ponceau 4R (E 124) y Amarillo Ocaso FCF (E 110), están autorizados en España pero prohibidos en Noruega²⁹.

6. Conclusiones

- Los colorantes alimentarios son un grupo de aditivos alimentarios que se caracterizan por ser uno de los grupos más polémicos dentro de los aditivos alimentarios en cuanto a que su aplicación se debe más a una cuestión psicológica que de necesidad, ya que son los aditivos alimentarios menos indispensables y, de hecho, con frecuencia se han considerado como los “aditivo inútiles.
- Es muy fundamental conocer los tipos de colorantes alimentarios y su correspondiente clasificación según la legislación, ya que la seguridad alimentaria siempre ha sido un tema importante a considerar, por lo que existen varias autoridades para regularizar la comercialización de los diferentes productos, como por ejemplo la EFSA y la FDA según la región que pertenece cada país.
- Tras la evaluación del etiquetado de los alimentos más comúnmente consumidos por la población infantil (como golosina, yogures y helados), pudimos comprobar que los colorantes más utilizados en estos alimentos son: Rojo Allura AC (E 129), Azul brillante FCF (E 133), Tartrazina (E 102), Amarillo Ocaso FCF (E 110), Curcumina (E 100) y Cochinilla (E 120). Muchos de ellos son de origen sintético, y sobre todo los colorantes tipo azoico.
- Diferentes estudios han puesto de manifiesto que muchos de éstos colorantes, empleados en los alimentos destinados a la población infantil, como la tartrazina, puede producir reacciones adversas mediadas por el sistema inmune (alergias) en los niños sensibles o que tengan antecedentes, tras su administración, tales como urticarias, angioedemas e incluso inducción de asma, también hay casos reportados de anafilaxis inducida por la cochinilla.
- Varios estudios han demostrado un efecto directo entre el consumo de algunos colorantes alimentarios sintéticos (Tartrazina (E 102), Amarillo de quinoleína (E 104), Amarillo anaranjado (E 110), Azorrubina o Carmoisina (E 122), Rojo Cochinilla Artificial (E 124) y Rojo Allura AC (E 129)) con el trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH) en niños, tanto es así que en el Reglamento 1333/2008 se incluye la obligatoriedad de incluir en el etiquetado de los alimentos formulados con esos colorantes la frase «nombre o número E del/de los colorante(s): puede tener efectos negativos sobre la actividad y la atención de los niños.», pero no hay que olvidar que la eliminación completa de estos aditivos no supone un tratamiento adecuado para el TDAH.
- Existen posibles estrategias para evitar los problemas derivados del consumo de colorantes en niños como por ejemplo sustituir el uso de colorantes sintéticos por otros de origen natural como los carotenoides, antocianinas, betalaínas, etc.

7. Bibliografía

¹ Reglamento (CE) N° 1333/2008 del parlamento europeo y del consejo del 16 de diciembre de 2008 sobre aditivos alimentarios.

² Wang Chang-zhu, Wu Jie, Gao Xiao-yu. History, reality and future of food additives. China Food Additives[Internet]. 2020; 1:62. Disponible en: <https://wenku.baidu.com/view/31f34fda02d276a201292e1e.html?from=search>

³ 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.; 2017.109-142.

- ⁴ 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. 14-30
- ⁵ El pediatra de Atención Primaria y las Alergias a Colorantes. Protocolo del GVR (publicación DT-GVR-9). 2017. [consultado 20 de abril de 2020].
- ⁶ Reglamento (CE) N° 1129/2011 de la comisión de 11 de noviembre de 2011 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) n° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo para establecer una lista de aditivos alimentarios de la Unión
- ⁷ Batada, A., Jacobson, M. F. Prevalence of artificial food colors in grocery store products marketed to children. *Clinical Pediatrics (Phila)*. 2016 [citado 10 Abr 2020]; 55, 1113-1119.
- ⁸ Martins, N., Lobo, Roriz C., Morales, P., Barros, L. y C.F.R.Ferreira, I. 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
- ⁹ Wu, Y., Mou, B., Song, S., Tan, C.-P., Lai, O.-M., Shen, C., & Cheong, L.-Z. Curcumin-loaded liposomes prepared from bovine milk and krill phospholipids: Effects of chemical composition on storage stability, in-vitro digestibility and anti-hyperglycemic properties. *Food Research International*. 2020; 136: 109301
- ¹⁰ EFSA. Scientific opinion on the re-evaluation of cochineal, carminic acid, carmines (E 120) as a food additive - EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS). *The EFSA Journal*. 2015; 13(11): 1-65.
- ¹¹ Ziyatdinova, G., Guss, E., y Budnikov, H. Amperometric sensor based on MWNT and electropolymerized carminic acid for the simultaneous quantification of TBHQ and BHA. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2020; 859: 113885
- ¹² Reglamento (CE) N.º 231/2012 de la Comisión de 9 de marzo de 2012 por el que se establecen especificaciones para los aditivos alimentarios que figuran en los anexos II y III del Reglamento (CE) n° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo
- ¹³ Wang, F., Terazono, Y., Liu, J., Fefer, M., & Pelton, R. H. Adsorption of aqueous copper chlorophyllin mixtures on model surfaces. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2020; 592: 124578
- ¹⁴ EFSA. Scientific opinion on the re-evaluation of vegetable carbon (E 153) as a food additive - EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS). *The EFSA Journal*. 2012; 10(4): 1-34.
- ¹⁵ Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*. 2005; 26(6): 459–516.
- ¹⁶ Ma, M., Yuan, Y., Yang, S., Wang, Y., Lv, Z., Fabrication and characterization of zein/tea saponin composite nanoparticles as delivery vehicles of lutein, *LWT - Food Science and Technology*. 2020; 125: 109270
- ¹⁷ Türker, N., y Erdogdu, F. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). *Journal of Food Engineering*. 2006; 76(4): 579–583.
- ¹⁸ Silva, S., Costa, E. M., Calhau, C., Morais, R. M., & Pintado, M. E. Anthocyanin extraction from plant tissues: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015; 57(14): 3072–3083.
- ¹⁹ Cahyana, Y., & Gordon, M. H. Interaction of anthocyanins with human serum albumin: Influence of pH and chemical structure on binding. *Food Chemistry*. 2013; 141(3): 2278–2285.
- ²⁰ Martins, N., Lobo, Roriz C., Morales, P., Barros, L. y C.F.R.Ferreira, I. Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. *Food Funct*. 2017; 8: 1357-1372.
- ²¹ Nettis, E., Colanardi, M. C., Ferrannini, A., & Tursi, A. Suspected tartrazine-induced acute urticaria/angioedema is only rarely reproducible by oral rechallenge. *Clinical and Experimental Allergy*. 2003; 33(12): 1725–1729.
- ²² EFSA. Scientific opinion on the re-evaluation of quinoline yellow (E 104) as a food additive - EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS). *The EFSA Journal*. 2009; 7(11): 1-40.
- ²³ Shahabadi, N., & Maghsudi, M. Gel electrophoresis and DNA interaction studies of the food colorant quinoline yellow. *Dyes and Pigments*. 2013; 96(2): 377–382.

- ²⁴ Basu, A., & Kumar, G. S. (2014). Study on the interaction of the toxic food additive carmoisine with serum albumins: a microcalorimetric investigation. *Journal of Hazardous Materials*. 2014; 273: 200-206.
- ²⁵ Chanlon, S., Joly-Pottuz, L., Chatelut, M., Vittori, O., y Cretier, J. L. Determination of Carmoisine, Allura red and Ponceau 4R in sweets and soft drinks by Differential Pulse Polarography. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015; 18(6): 503–515.
- ²⁶ EFSA. Scientific opinion on the re-evaluation of allura red AC (E 129) as a food additive - EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS). *The EFSA Journal*. 2009, 7(11): 1-39.
- ²⁷ Sánchez FER, Carpinteyro EU, Erazo FMA, et al. Necrosis de la mama posterior a la infiltración de azul patente V para la biopsia de ganglio centinela en pacientes con cáncer de mama. *An Med Asoc Med Hosp ABC*. 2017; 62(3): 213-216.
- ²⁸ EFSA. Scientific opinion on the re-evaluation of indigo carmine (E 132) as a food additive - EFSA panel on food additives and nutrient sources added to food (ANS). *The EFSA Journal*. 2014; 12(7): 1-51
- ²⁹ Feketea G, Tsabouri S. Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality? *Food Chemistry*. 2017; 230: 578-88
- ³⁰ Sampson, H. A. Food allergy: A winding road to the present. *Pediatric Allergy and Immunology*. 2014; 25(1), 25–26.
- ³¹ María del Carmen Vennera, César Picado. Patologías mediadas por la inmunoglobina E: de la inmunoglobina E al omalizumab. *Inmunología*. 2012; 31(4):119-126.
- ³² Fuglsang, G., Madsen, C., Saval, P., & Osterballe, O. Prevalence of intolerance to food additives among Danish school children. *Pediatric Allergy and Immunology*. 1993; 4(3): 123–129.
- ³³ Fuglsang, G., Madsen, G., Halcken, S., Jorgensen, S., Ostergaard, P. A., & Osterballe, O. Adverse reactions to food additives in children with atopic symptoms. *Allergy*. 1994; 49(1): 31–37.
- ³⁴ Lockey SD. Allergic reactions due to F D and C yellow No 5, tartrazine, an aniline dye used as a colouring and identifying agent in various steroids. *Ann Allergy*. 1959; 17: 719-21.
- ³⁵ Nettis, E., Colanardi, M. C., Ferrannini, A., & Tursi, A. Suspected tartrazine induced acute urticaria/angioedema is only rarely reproducible by oral rechallenge. *Clinical and Experimental Allergy*. 2003; 33(12): 1725–1729.
- ³⁶ Ana M.^a Carneán y Manuel Repetto. Toxicología de los aditivos alimentarios. En: Manuel Repetto. *Toxicología alimentaria*. Ediciones Díaz Santos. Madrid; 2012. 453-463.³⁷ European Food Safety Authority (EFSA). Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). Scientific Opinion on the reevaluation Tartrazine (E 102) *EFSA Journal* 2009; 7(11):1331.
- ³⁸ Tabar AI, Acero S, Arregui C, Urdános M, Quirce S. Asma y alergia por el colorante carmín. *Anales Sis San Navarra*. 2003; 26 (2): 65-73
- ³⁹ Feingold, B.F. Hyperkinesis and learning disabilities linked to artificial food flavours and colours. *Am. J. Nurs.* 1975; 75: 797-803.
- ⁴⁰ Conners, C.K., Goyette, C.H., Southwick, D.A., Lees, J.M., Androlonis, P.A., 1976. Food additives and hyperkinesis: A controlled double blind experiment. *Pediatrics*. 1976; 58: 154-166.
- ⁴¹ Williams, J.I., Cram, D.M., Tausig F.T., Webster E. Relative effects of drugs and diet on hyperactive behaviours: An experimental study. *Pediatrics*. 1978; 61; 811-817.
- ⁴² Harley, J.P., Ray, R.S., Tomasi, L., Eichman, P.L. Matthews, C.G., Chun, R., Cleeland et al. Hyperkinesis and food additives: testing the Feingold hypothesis. *Pediatrics*. 1978; 61, 818-828.
- ⁴³ Kavale, A., Forness, S.R. Hyperactivity and diet treatment: a meta-analysis of the Feingold hypothesis. *J. Learning Disabilities*. 1983; 16: 324-330.
- ⁴⁴ McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K. et al. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*. 2007; 370(9598), 1560–1567.
- ⁴⁵ European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC) *The EFSA Journal*. 2008; 660, 1-54