



**FACULTAD DE FARMACIA  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**TÍTULO:  
Colorantes naturales en industria farmacéutica y  
alimentaria**

Autor: Delia Fernández Feás

Fecha: Julio de 2020

Tutor: José Manuel de Prádena Lobón

## ÍNDICE

### Resumen

1. INTRODUCCIÓN
  - 1.1. Definiciones
  - 1.2. Historia de los colorantes
  - 1.3. Tendencias actuales
2. OBJETIVOS
3. MATERIAL Y MÉTODOS
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
  - 4.1. Colorantes alimentarios: obtención, características químicas, formas comerciales, principales usos, propiedades terapéuticas y toxicidad.
    - 4.1.1. CURCUMINA (E 100)
    - 4.1.2. RIBOFLAVINA (E 101)
    - 4.1.3. COCHINILLA, ÁCIDO CUMÍNICO, CARMINES (E 120)
    - 4.1.4. CLOROFILAS, CLOROFILINAS Y COMPLEJOS CÚPRICOS DE CLOROFILINAS (E 140/ E 141)
    - 4.1.5. CARAMELO ( E 150 a...d)
    - 4.1.6. CARBÓN VEGETAL (E 153)
    - 4.1.7. CAROTENOIDES (E160a... e y E161 a...j)
      - 4.1.7.1. CAROTENOS (E160a... e)
        - A. Caroteno: (E 160 a)
        - B. Annato, Bixina y Norbixina: (E 160b.)
        - C. Extracto De Pimentón: Capsantina Y Capsorrubina (E 160c)
        - D. Licopeno (E 160d)
      - 4.1.7.2. XANTOFILAS (E161a...j)
    - 4.1.8. BETANINA, ROJO DE REMOLACHA ( E 162)
    - 4.1.9. ANTOCIANINAS (E 163 A...F)
    - 4.1.10. DIÓXIDO DE TITANIO (E 171)
  - 4.2. Ventajas e inconvenientes de la sustitución de colorantes artificiales por naturales.
5. Conclusiones
6. Bibliografía

"Que la comida sea tu alimento y el alimento, tu medicina"  
- Hipócrates.

## RESUMEN

A lo largo de la historia, los colorantes naturales han sido desplazados por los artificiales. En la actualidad, existe una tendencia a regresar al consumo de los naturales. Esto se debe a que además del pigmento, poseen otras partículas con efectos beneficiosos para la salud. Sin embargo, sus procesos de extracción y almacenamiento son menos eficientes, lo que supone un reto para la industria.

## 1. INTRODUCCIÓN

El color es una cualidad sensorial, es decir, el resultado de la percepción de la radiación luminosa captada por la retina. Por ello, el color de lo que se consume es condicionante de la respuesta del propio consumidor. (1)

Este trabajo se centrará en una serie de pigmentos naturales utilizados como colorantes en el ámbito de la industria farmacéutica y alimentaria, considerándose aditivos alimentarios.

### 1.1 Definiciones

A continuación, se definen unos términos clave para el desarrollo del texto:

- Aditivos alimentarios: según el Reglamento (CE) nº 1129/2011, se definen 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 cuya adición intencionada, con un propósito tecnológico, a un alimento durante su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento tenga por efecto, que el propio aditivo o sus subproductos se conviertan directa o indirectamente en un componente del alimento”
- Pigmento: compuestos que absorben luz en la longitud de onda del espectro visible. Parte de la energía de la fuente radiante se refracta y otra parte se refleja, siendo esta última captada por el ojo y se transmite al cerebro donde se interpreta su color. (2)
- Colorantes: sustancias que dan color a un alimento o le devuelven su color original. (1)
  - Colorantes naturales: pigmentos coloreados presentes en la naturaleza y extraídos por diferentes métodos. Las fuentes pueden ser vegetales, animales o minerales. (3)
  - Colorantes sintéticos: pigmentos obtenidos por síntesis química. Dichas síntesis pueden ser de moléculas nuevas o iguales a las presentes en el medio natural. (3)

### 1.2 Historia de los colorantes

La constancia del uso de colorantes comienza en el Paleolítico. Fundamentalmente, se trataba de colorantes inorgánicos extraídos de los yacimientos próximos, algunos sometidos a procesos de lavado y molturación, utilizados para realizar manifestaciones artísticas. (4)

En el Neolítico, comenzaron a transformarse las materias primas (4). En Mesopotamia y Egipto, se realizaron extracciones de pigmentos a partir de plantas, insectos y moluscos. Un ejemplo es el azul egipcio, uno de los colorantes sintéticos más antiguos. Se utilizaban para eliminar suciedad, teñir tejidos, escritura, pintura, etc. Además, se sabía que algunos aportaban sabores particulares, añadiéndose a los alimentos con este fin. (4)

Ya en el siglo IV a.C, se descubrió que el vinagre tenía un efecto corrosivo sobre el cobre y el plomo, dando lugar a gran variedad de pigmentos. (4) Además, se supone que en esta época comenzaron a utilizarse pigmentos en forma de polvos o extractos de plantas. (5)

Durante la Edad Media y el Renacimiento, se utilizaron métodos de extracción más complejos a partir de minerales como *alunita* (sulfato de hidratado de aluminio y potasio), caracoles marinos, insectos, raíces de plantas, etc. Se obtenían por técnicas como el calentamiento, extracción en medios alcalinos, acuosos o por destilación. El mejor pigmento de los pintores medievales fue el bermellón. (4), (6)

En esta época, aparecen textos descriptivos del uso y la obtención de los pigmentos. El descubrimiento de América trajo consigo nuevos colorantes y métodos para su extracción. (6) Al comenzar la industrialización, se obtuvieron productos artificiales que se utilizaron además de para aportar color, para la conservación de los alimentos. (5)

En 1856, W.H Perkin descubrió la síntesis del primer colorante orgánico artificial: la *malveína*, lo que supuso una gran revolución científico-tecnológica. A partir de aquí, comenzaron a utilizarse los colorantes artificiales en detrimento de los naturales, estando cada vez más presentes en la industria farmacéutica y alimentaria. (4)

Ya en el siglo XX, las autoridades intervinieron en la industria para la regulación de los aditivos, estableciendo cantidades máximas y restricciones con el fin de preservar la salud del consumidor. Hoy en día, la legislación exige informar de todos los aditivos presentes en los alimentos mediante una etiqueta dispuesta en dicho alimento. (5)

### 1.3 Tendencias actuales

Actualmente, existe un creciente interés por la composición de los alimentos y su origen. Ciertas corrientes han infundido en los consumidores preferencia por lo "natural" o "bio".

**Ilustración 1:** número de veces que se ha buscado el término "colorante" durante los últimos 15 años



**Fuente:** Google Trends

En la industria alimentaria, el color se considera un factor de aceptación o rechazo y un criterio para elegir un alimento. Se añaden a los alimentos y los fármacos con diversos fines:

- Restaurar la apariencia original del producto.
- Intensificar el color normal y mejorar su apariencia.
- Asegurar la uniformidad.
- Preservar las características iniciales.
- Proteger las vitaminas, aromas y otros componentes sensibles a la luz.
- Dar color a un producto incoloro o con un color fácilmente rechazable.
- Aportar calidad al producto. (1)

Con la revolución industrial se perdió el uso de los colorantes naturales, pero la tendencia actual es su recuperación gracias a las propiedades añadidas de las sustancias naturales. También, debido a todos los movimientos naturalistas y defensores del producto "bio" cada vez hay más demanda de aditivos naturales en los productos consumidos.

Por otro lado, la producción de los colorantes naturales tiene un rendimiento más bajo. Uno de los objetivos de la industria es mejorarlo optimizando las técnicas de extracción. Del mismo modo, se debe tener en cuenta todo el ciclo de obtención y procesado industrial incluyendo los materiales que se consumen, en busca de un balance energético y coste positivos, proporcionando un valor añadido. (4)

Uno de los métodos que se está desarrollando, es la obtención de colorantes naturales a partir de cultivos celulares, lo que permite conseguir grandes cantidades de pigmento sin depender de actividades agrícolas. (5)

## 2. OBJETIVOS

El presente trabajo se centra en la descripción de algunos colorantes naturales, por su importancia y usos en la industria farmacéutica y alimentaria mediante una revisión bibliográfica.

Con este fin, se abordaron los siguientes objetivos:

1. Determinar si existen beneficios en el uso de colorantes naturales en lugar de artificiales.
2. Conocer la seguridad de los colorantes naturales.
3. Estudiar su proceso de obtención y rentabilidad.
4. Analizar la situación actual del consumo de colorantes naturales.
5. Identificar posibles cambios a nivel de protección del consumidor.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del trabajo se han utilizado diversas fuentes bibliográficas con el fin de cumplir los objetivos propuestos.

Entre dichas fuentes, se han consultado libros, tanto on-line como físicos, de la Biblioteca de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

Los aspectos relativos a la legislación se han consultado en el BOE (<https://www.boe.es/>) y de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición ([http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/home/aecosan\\_inicio.htm](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/home/aecosan_inicio.htm)).

Además, se han consultado artículos on-line en diversas plataformas: PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) y Catálogo Cisne de la Universidad Complutense de Madrid (<https://biblioteca.ucm.es/cisne>).

Finalmente, se han realizado búsquedas de palabras clave a través de Google Académico, seleccionando aquellos artículos o estudios que presentaban una clara fiabilidad y rigor científico.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Colorantes alimentarios: obtención, micrografía, formas comerciales, características químicas y principales usos.

#### 4.1.1. CURCUMINA (E 100)

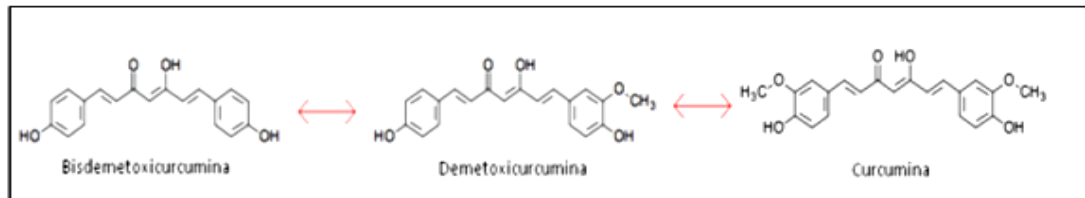
##### **Obtención**

La *Curcumina* se extrae de la cúrcuma (*Curcuma longa L.*). Esta extracción se puede realizar por medios como Soxhlet y microondas. También, se ha desarrollado la extracción por fluidos supercríticos, tanto para la obtención de curcumina como para la de aceites esenciales a partir del rizoma. (1), (3), (7)

Las sustancias responsables del color son los *Curcuminoïdes*, derivados diarilmetálicos que confieren color amarillo-anaranjado. Comprenden el 2-9% de la planta, siendo los más

utilizados el *diferuloilmetano* (Curcumina I) en una proporción del 77%, *Demetoxicurcumina* (Curcumina II) en un 17%, *Bismetoxicurcumina* (Curcumina III) en un 3%, y la reciente descubierta *Ciclocurcumina*. (8)

**Ilustración 2:** Estructura de los curcuminoides



**Fuente:** Paula Saiz de Cos 1989 *Cúrcuma I* (Curcuma longa L.) e *Reduca* (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 84-99, 2014.

### Características químicas

Es un polvo cristalino insoluble en agua, pero soluble en etanol y ácido acético. Su color varía con el pH, siendo anaranjado a pH básico y amarillo limón a pH ácido. (3) El rizoma de cúrcuma también tiene otros compuestos en un 5% como diversos sesquiterpenos, bisaboleno y otros. Además de color, aporta aroma. (1)

### Formas comerciales

Se presenta en el rizoma en polvo o triturado en infusión, en tinturas o extractos secos. (3) Sin embargo, la forma pura no es la mejor para su uso. Se puede presentar disuelta con una mezcla de solventes de grado alimenticio que permite su emulsión, en suspensión en aceite vegetal y en dispersión de almidón. Una de las presentaciones más exitosas es la microencapsulación con ciclodextrina mediante el método de coprecipitación lo que permite incrementar la solubilidad en agua y proteger de la degradación. (9)

### Usos

Se ha utilizado en gastronomía, industria alimentaria, medicina, cosmética natural y ritos espirituales. En la industria alimentaria se utiliza como agente saborizante y colorante, siendo el ingrediente principal del curry en polvo. Se puede encontrar en combinación con otros colorantes. (1), (3)

### Propiedades terapéuticas

Las propiedades medicinales de la cúrcuma se atribuyen a la bioactividad de los compuestos fenólicos y aceites volátiles. Posee efectos antiinflamatorios, antiartríticos, hepatoprotectores, antimicrobianos, antitumorales y antivirales (9). A nivel tópico, se utiliza para el tratamiento de la psoriasis o eczemas. Además, estudios recientes han mostrado su efectividad para el tratamiento de la candidiasis vulvovaginal, (10) el deterioro pulmonar debido al tabaquismo (11) y la prostatitis crónica (12), entre otros.

### Toxicidad

Se han descartado sus posibles efectos carcinogénicos y genotóxicos. Presentan limitaciones para ciertos alimentos y su IDA es 3 mg/kg/día. (1)

#### 4.1.2. RIBOFLAVINA (E 101)

##### Obtención

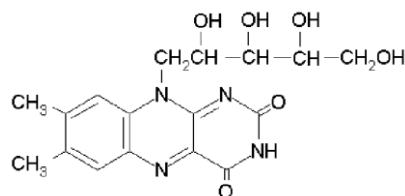
La *Riboflavina*, más conocida como Lactoflavina o Vitamina B2 está presente en fuentes naturales como leche, queso, carne, verduras de hoja verde y legumbres. (3) De manera industrial, se obtiene por fermentación de hongos, levaduras y bacterias. (2)

##### Características químicas

Se trata de un nucleósido formado por una base nitrogenada, flavina y por pentosa ribitol. (2)

En cuanto sus propiedades físico-químicas, es soluble en agua y aceite. Su punto de fusión es 278–282 °C y es fotosensible, por lo que deben tomarse precauciones en su conservación. (3)

**Ilustración 3:**Estructura de la riboflavina



Fuente:<https://www.researchgate.net>

##### Formas comerciales

Polvo cristalino amarillo o amarillo-anaranjado, de olor débil. (1)

##### Uso

En industria alimentaria en bebidas energéticas, refrescos, postres, etc. (1) Tiene la ventaja de que es estable frente al calor. Sin embargo, reacciona al ser expuesta a la luz solar o procedente de tubos fluorescentes alterando el aroma y el sabor de los alimentos. (13)

En industria farmacéutica, se utiliza como testigo de dilución en la elaboración de cápsulas, sobre todo si se utilizan sustancias muy activas en microdosis, y por tanto se ha de asegurar su homogeneidad. (14)

##### Propiedades terapéuticas

El consumo de *Riboflavina* influye en la conservación de los epitelios, sobre todo el corneal, intervienen procesos eritropoyéticos. (15) Debe administrarse en estados de deficiencia, preferentemente por vía oral.

##### Toxicidad

La ingesta diaria recomendada es 1,5 – 2 mg diarios y no tiene dosis máxima ya que es muy seguro. Se considera *Quantum Satis*, es decir, se utilizará de conformidad con la buena práctica de fabricación puesto que es muy seguro. (15)

#### 4.1.3. COCHINILLA, ÁCIDO CARMÍNICO, CARMINES (E 120 )

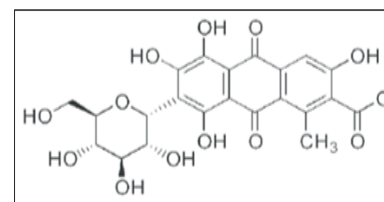
##### Obtención

El pigmento se extrae de los cuerpos desecados de la hembra del insecto *Dactylopius coccus* (cochinilla). Su obtención se realiza en diversos pasos: Recolección (desprendimiento de los clalodios), sacrificio (inmersión en agua hirviendo o hexano, congelación o exposición a vapor de agua), secado (al aire o en horno), desgrasado (extracción sólido-líquido con disolventes orgánicos), molienda y extracción. (16) Esta última se realiza en medios acuosos, alcohólicos o acuoso-alcohólicos. (1)

**Características químicas**

La sustancia que aporta el color es el *Ácido carmínico* (1) que posee estructura de antraquinona. Es soluble en agua y alcohol e insoluble en aceite. (1)

El color que aporta depende del pH al que se encuentre, desde rojo a anaranjado en pH ácido y violeta en medio básico. (3)



Fuente: <https://www.researchgate.net>

**Formas comerciales**

Una de las formas comerciales más comunes es la laca de carmín, nombre que se utiliza para designar la sal de aluminio con un contenido 1:2 de ácido carmínico y aluminio.

Otra presentación frecuente es el polvo rojo brillante. También, es posible encontrarlo en forma de soluciones. (1), (3).

**Uso**

En la industria alimentaria está presente en vinos, licores, golosinas, refrescos, etc. (3) También, se utiliza en cosmética. (17)

Los complejos con varios cationes metálicos son utilizados en la industria textil.

Al ser un producto de origen animal, los vegetarianos no pueden consumir los productos que lo contienen. (1)

**Propiedades terapéuticas**

No se han encontrado propiedades terapéuticas demostradas.

**Toxicidad**

Una de las posibles contraindicaciones son las reacciones de hipersensibilidad, pudiendo dar lugar a cuadros de asma, síntomas gastrointestinales, urticaria, edema y deterioro renal. (18). Su IDA es 2,5 mg/peso/día y el límite máximo se encuentra regulado.

#### 4.1.4. CLOROFILAS, CLOROFILINAS (E 140) Y COMPLEJOS CÚPRICOS DE CLOROFILINAS (E 141)

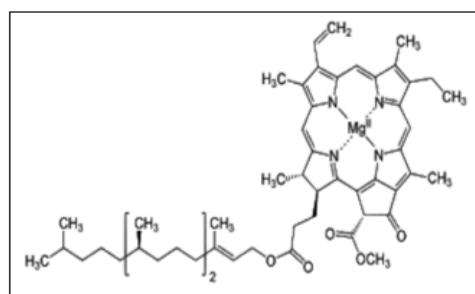
**Obtención**

La *Clorofila* es un pigmento que se obtiene de los seres vivos que realizan la fotosíntesis: plantas, algas y algunas bacterias. La obtención del pigmento para su comercialización como colorante se realiza a partir de la alfalfa (*Medicago sativa*), ortiga (*Urtica dioica*), y otros pastos. A nivel industrial, se está desarrollando la obtención (fundamentalmente de clorofila c por ser más estable) a partir de plancton y algas. (2) A partir del tejido vegetal homogeneizado, se realiza una extracción con solventes (la más recomendada es una disolución de acetona), se filtra y se centrifuga. Después, se resuspende para conseguir solubilidad en agua o medios lipídicos. (2)

**Características químicas**

La Clorofila está formada por cuatro anillos pirrólicos (porfirina) en cuyo centro se encuentra un átomo de magnesio y con una molécula de fitol esterificada con ácido propiónico de uno de los anillos. El magnesio puede ser sustituido por cobre, dando lugar a derivados

Ilustración 5: Estructura de la clorofila



Fuente: <https://www.researchgate.net/>



cúpricos más estables, solubles en agua y con color brillante. (3) Como colorantes, las más importantes son la *Clorofila a* y la *b*. Por su parte, las *Clorofilinas* son derivados por rotura de estas estructuras en forma de sales sódicas o potásicas. (1)

Es un pigmento soluble en aceite y etanol que da lugar a color verde oliva. Son inestables a la luz, oxígeno y acidez, además de ser difícilmente almacenables. (1)

### **Formas comerciales**

Polvo verde oscuro. (3)

### **Uso**

En la industria alimentaria, se utiliza ampliamente como colorante verde en bollería, gelatinas, chicles, etc. (2) Por su capacidad de absorción de oxígeno y otros gases, también es utilizada como conservante.

En industria farmacéutica, como catalizador en reacciones de oxidación. Concretamente en cosmética, para dar color a lociones, perfumes, jabones, pastas, etc. También, como protector solar y desodorante. (19)

En agricultura, por su capacidad de transporte de micronutrientes, para el cultivo. (19)

### **Propiedades terapéuticas**

A nivel sistémico, el cuerpo humano puede sintetizar grupos hemo a partir de ellas, lo que permite utilizar las clorofilas para el tratamiento de la anemia. También, ha dado resultados positivos en disminuir la presión arterial y la absorción de grasas. En pacientes geriátricos, se aplican dadas sus propiedades desodorantes y laxantes. (19)

A nivel tópico, debido a su capacidad de cicatrización, propiedades antiinflamatorias, inhibición de las reacciones de hipersensibilidad y nula actividad hemolítica, se ha utilizado en tratamientos de heridas y quemaduras. Su actividad antifúngica y bacteriostática permite tratar infecciones supurativas y úlceras. (19)

Se ha observado que los alimentos que poseen sales de cobre y sodio tienen un elevado potencial antimutagénico, siendo de utilidad como tratamiento y prevención del cáncer. (19)

### **Toxicidad**

Se define su uso como *Quantum satis*, no se ha determinado IDA para la *Clorofila* puesto que, en comparación con la ingesta a partir de fuentes naturales, la cantidad que es añadida como colorante es mínima. Por su parte, los derivados cúpricos tienen una IDA de 15mg/kg de peso/día debido a la presencia de cobre. (1)

#### **4.1.5. CARAMELO (E 150)**

### **Obtención**

El *Caramelo* procede de la reacción de caramelización de distintos hidratos de carbono como son la glucosa, hidrolizados de almidón, azúcar invertido, lactosa, melazas o sacarosa. Esta reacción consiste en el calentamiento de uno de los hidratos de carbono anteriores a los que pueden añadirse distintos reactivos. (3) En función dicho reactivo, existen 4 tipos distintos de caramelo:

Tabla 1: Tipos de caramelo

Clase	I (E 150 <sup>a</sup> )	II (E 150 <sup>b</sup> )	III (E 150 <sup>c</sup> )	IV (E 150 <sup>d</sup> )
<b>Reactivo</b>	Sin adiciones/+ ácido acético, cítrico, fosfórico o sulfúrico; hidróxido o carbonato sódico o potásico	+ anhídrido sulfuroso/sulfito sódico o potásico	+Amoniaco/sales de amoniaco (sulfato, carbonato o fosfato amónico)	+sulfito amónico/ mezcla de anhídrido sulfuroso y amoniaco
<b>Producto</b>	Caramelo natural, vulgar o cáustico	Caramelo de sulfito cáustico	Caramelo amónico	Caramelo de sulfito amónico

### Características químicas

No presenta una estructura definida, es soluble, en todas sus formas, en agua y etanol, pero insoluble en la mayoría de disolventes orgánicos. (3) El color varía en función de la concentración y la clase, pudiendo oscilar de amarillo a ámbar o de marrón-rojizo a marrón oscuro. Es estable a la luz y temperatura en cualquier condición de pH, aunque puede dar lugar a interacciones coloidales con cargas opuestas de iones presentes en los alimentos, dando lugar a fenómenos de floculación, sedimentación o turbidez. (2), (20)

### Formas comerciales

Líquido o polvo amorfo oscuro. (3)

### Uso

Posee diversas propiedades útiles para la industria alimentaria: estabiliza los sistemas coloidales, tiene propiedades emulgentes, ayuda a la dispersión de compuestos insolubles en agua, reduce los cambios en las características organolépticas y ayuda a la conservación de bebidas expuestas a la luz. (2) Esto hace que sea aplicable a casi todos los ámbitos de la alimentación.

En general, están presentes en los productos de repostería, en la elaboración de pan de centeno, caramelos, dulces, conservas, cerveza, sopas y algunos productos cárnicos. (1),(3)

Cada tipo de caramelo se utiliza en un tipo de bebida diferente (1).

### Propiedades terapéuticas

No se han encontrado propiedades terapéuticas demostradas.

### Toxicidad

La ingesta diaria admisible (IDA) para los cuatro tipos de caramelo es de 300g/kg de peso corporal/día. Se trata de un compuesto *Quantum satis*. (1)

Diversos estudios indican la potencial carcinogenicidad e inmunotoxicidad del 4-metilimidazol en el colorante *Caramelo* de la clase III y IV. (21), (22) Además, el mismo compuesto produce un aumento de la toxicidad reproductiva en ratas hembra y macho. (23)

#### 4.1.6. CARBÓN VEGETAL (E 153)

##### **Obtención**

El carbón vegetal es el resultado de la carbonización de materias vegetales, tales como madera, residuos de celulosa, turba, coco y otras cáscaras. (1) El proceso debe realizarse bajo condiciones controladas para que no se produzcan hidrocarburos cancerígenos. (3)

##### **Características químicas**

Se trata de un compuesto estable a condiciones variables de pH, temperatura, luz y reacciones REDOX. Además, es insoluble en cualquier medio. (3)

##### **Formas comerciales**

Se puede encontrar en forma de polvo muy fino de difícil manejo o suspendido en jarabe de glucosa, lo que facilita su manipulación. (3) Es considerado uno de los colorantes más negros del mercado. (2)

##### **Uso**

Su uso es bastante limitado. En industria alimentaria europea, puede encontrarse en licores y confitería. (3)

##### **Propiedades terapéuticas**

No se han encontrado propiedades terapéuticas demostradas.

##### **Toxicidad**

El límite máximo de hidrocarburos aromáticos policíclicos, concretamente *α-benzopireno*, es de 1,0µg/kg. El carbón vegetal no tiene una IDA establecida y es *Quantum satis*. (1)

Destaca por su elevado potencial carcinogénico, siendo clasificado por la Asociación Química de los Estados Unidos de Norteamérica en el compendio "Chemical abstract" en el grupo A según su grado de toxicidad. (24)

#### 4.1.7. CAROTENOIDES (E 160 y E 161)

Se trata de un gran grupo que contiene más de 700 pigmentos presentes en la naturaleza, tanto en animales como en vegetales, aunque solo son sintetizados por estos últimos. Se dividen en:

<b>CAROTENOS (E 160)</b>	<b>XANTOFILAS (E 161)</b>
Caroteno (E 160a)	Flavoxantina
Annato, bixina y norbixina (E160b)	Luteína
Extracto de pimentón, capsantina, capsorrubina (E 160c)	Criptoxantina
Licopeno (E 160d)	Rubixantina
Beta-apo-8'-carotenal (E 160e)	Violaxantina
	Rodoxantina
	Cantaxantina

**Tabla 2:** Clasificación de carotenoides

## OBTENCIÓN

Son compuestos sintetizados por todos los organismos fotosintéticos, algunas bacterias no fotosintéticas y hongos. No pueden ser sintetizados *de novo* por los animales, aunque sí pueden modificarlos estructuralmente. Recientemente, se han descubierto algunas excepciones entre los artrópodos. (25)

El contenido de *Carotenoides* en las plantas y frutos depende de diferentes factores: parte de la planta, genotipo, tiempo de cosecha, método de cultivo, condiciones climáticas y de procesamiento. También pueden encontrarse en el reino animal, como en las plumas de algunas aves, en el pescado, crustáceos e insectos. (26)

En general, se extraen con solventes que tienen que cumplir una serie de requisitos:

- Los carotenos son solubles en disolventes apolares y las xantofilas en polares.
- Alquenos con múltiples enlaces dobles susceptibles a reacciones con oxígeno, ácidos o halógenos que darán lugar a su degradación.
- Deben tener baja volatilidad, toxicidad e inflamabilidad. Por ejemplo, hexano, heptano e isoctano.

Se han propuesto otros métodos de extracción como la extracción mediante enzimas o fluidos supercríticos que aún se encuentran en desarrollo. (2)

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Se trata de compuestos liposolubles constituidos por ocho isoprenoides (terpenos), es decir, formados por 40 átomos de carbono. (3)

**Ilustración 6:** Estructura del isopreno



**Fuente:** <https://www.researchgate.net/>

Los sustituyentes de cada *Carotenoide* le proporcionan unas características químicas específicas que pueden condicionar su extracción y estabilidad (3):

**Ilustración 7:** Estructura de algunos carotenoides

Estructura	Nombre y características
	Licopeno Acíclico, Rojo
	α-Caroteno Bicíclico, Amarillo
	β-Caroteno Bicíclico, Naranja
	β-Criptoxantina Bicíclico, 1 grupo hidróxido, Naranja
	Zeaxantina Bicíclico, 2 grupos hidróxido, Amarillo-Naranja

**Fuente:** Rodríguez-Amaya, 1997.

## PROPIEDADES TERAPÉUTICAS

No pueden ser sintetizados por el cuerpo humano, por lo que deben ser ingeridos en la dieta. (26) Algunos presentan actividad provitamina A y por su estructura química tienen

capacidad antioxidante e inmunomoduladora. Este efecto permite la neutralización de los radicales libres derivados de diversos procesos vitales que pueden dar lugar a toxicidad, desarrollando procesos de carcinogénesis y envejecimiento. (27)

Según distintos estudios (28), una ingesta prolongada de carotenoides favorece los procesos cognitivos y de memoria, disminuyendo la frecuencia de aparición de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer.

A continuación, se especifican algunas particularidades de compuestos pertenecientes a estos grupos que son empleados como colorantes:

#### **4.1.7.1. CAROTENOS (E160 A...E)**

Los carotenos se clasifican químicamente como tetraterpenos. Se pueden dividir a su vez en provitamínicos (alfa, beta y gamma carotenos) y los no provitamínicos (licopeno, fitoeno y fitoflueno).

##### **A. Caroteno: (E 160 a)**

###### **Obtención**

Se extrae de plantas o productos de plantas como zanahorias, aceite de palma, hierba o alfalfa, de algas como *Dunaliella salina* u hongos como *Blakesleatrispora*. Se puede encontrar en diferentes formas, siendo la mayoritaria el beta-caroteno. (1) Los disolventes permitidos son acetona, metanol, etanol, propan-2-ol, hexano y diclorometano. (2) La importancia de estos compuestos radica en la sinergia de todos ellos, alfa, beta y gamma caroteno, cuando se encuentran en equilibrio.

###### **Características químicas**

Estable a diferentes condiciones de pH y temperatura. Ligeramente sensibles a la luz y reacciones REDOX. Son poco solubles en aceite y etanol e insolubles en agua. (3)

###### **Formas comerciales**

Oleorresina anaranjada de distintas concentraciones (2).

###### **Usos y propiedades**

En industria alimenticia, se utiliza como colorante en productos lácteos, bebidas, snacks, embutidos, etc. (3)

Por sus propiedades antioxidantes, se formula junto con clorofila en cremas y pomadas cicatrizantes. (29) También, está presente en cápsulas y cremas que favorecen el bronceado o con efecto antienvjecimiento gracias a su efecto antioxidante.

###### **Toxicidad**

Normalmente son *Quantum satis* excepto en embutidos y patés en los cuales no pueden superar los 20mg/kg. Su IDA es 5mg/kg/día. (1)

##### **B. Annato, bixina y norbixina: (E 160b)**

###### **Obtención**

La denominación *Annato* se utiliza para nombrar al extracto crudo. Se extrae mediante

solventes oleosos o acuosos de la cubierta exterior de la semilla de *Bixa orellana* L. La *Bixina* predomina en el solvente oleoso y la *Norbixina* en el acuoso. (1) Mediante un proceso de saponificación se elimina el grupo éster de la *Bixina*, transformándose en *Norbixina*. (3) Su extracción se puede realizar con acetona, diclorometano, etanol, hexano, metanol, propan-2-ol o tricloroetileno. (2)

#### **Características químicas**

La *Norbixina* es soluble en agua y la *Bixina* oleosoluble. (30) Son estables a distintos pH y a reacciones REDOX. Por otro lado, presentan susceptibilidad a cambios de temperatura y luz. (3)

#### **Formas comerciales**

Polvo anaranjado. Puede encontrarse como colorante soluble en aceite, en solución acuosa o en pastas. (31)

#### **Usos y propiedades**

Tradicionalmente, se ha utilizado para teñir maderas, pieles, marfiles, etc. También, para rituales religiosos e incluso para protegerse de las picaduras de los mosquitos. (31)

En industria alimentaria, para dar color a productos cárnicos, lácteos, condimentos, especias, helados, etc. (3), (30)

En industria farmacéutica, se utiliza como sustituto del azafrán en pomadas y ungüentos para dar color, además de tener efecto cicatrizante. Por otro lado, se han estudiado diversas propiedades terapéuticas potenciales de la semilla de esta planta como antiparasitario, hipoglicemiante, antiagregante plaquetario, entre otros. Se necesitaría un estudio más profundo y el desarrollo de formas farmacéuticas adecuadas para su administración. (30)

#### **Toxicidad**

Se han descrito reacciones de hipersensibilidad a estos aditivos, incluyendo asma y urticaria. Su IDA es 0,065mg/kg/día. La dosis máxima permitida en los alimentos es de 50mg/kg. (1)

### **C. Extracto de pimentón: Capsantina y Capsorrubina(E 160c)**

#### **Obtención**

El extracto se obtiene de la carne molida de los frutos, con o sin semilla, de *Capsicum annum*. Los pigmentos son la *Capsantina* y la *Capsorrubina*. (1), (2) El proceso se divide en diversas etapas: escalado, secado, troceado, molienda y finalmente extracción mediante solventes. Generalmente, el disolvente utilizado es el hexano. (32)

#### **Características químicas**

La *Capsantina* y *Capsorrubina* son estables a condiciones variables de pH, temperatura y luz. Sin embargo, son poco estables a reacciones REDOX. (3) Tienen elevada solubilidad en aceite y baja en agua. El extracto de pimentón presenta otras moléculas como la *Capsaicina*, que le confieren diversas propiedades. Aporta color de rojo intenso a naranja. (33)

#### **Formas comerciales**

Se encuentra en forma de polvo o líquido anaranjado-rojizo. (3)

### Usos y propiedades

En industria alimentaria se utiliza como colorante fundamentalmente en embutidos, aunque también puede aparecer en bebidas, snacks, etc. (1)

Además, posee propiedades fungicidas, bactericidas y viricidas. Se ha demostrado su utilidad en la prevención de ciertas plagas en cultivos y enfermedades post-cosecha de frutas, hortalizas y granos. (32).

En cosmética, se ha formulado en cremas por el efecto analgésico de la Capsaicina.

Finalmente, se ha estudiado su eficacia en la disminución de la producción de ácidos gástricos, disminución de la absorción de los carbohidratos de las células epiteliales duodenales y ayuda al metabolismo de los hidrocarburos aromáticos epóxidos. (34)

### Toxicidad

Es *Quantum satis* y tampoco tiene una Ingesta Diaria Admisible (IDA) definida. (1)

#### D. Licopeno (E 160d)

##### Obtención

El colorante Licopeno se extrae del tomate rojo *Lycopersicon esculentum* del hongo *L. Blakeslea trispora*. También puede sintetizarse a nivel industrial. (1) La extracción más frecuente se realiza con solventes a partir del tomate, aunque también puede llevarse a cabo mediante flúidos supercríticos y arrastre con vapor. Previo a la extracción con solventes, se licua el tomate. (35) Su biodisponibilidad y sus propiedades antioxidantes mejoran con el tratamiento térmico del tomate, ya que incrementan las concentraciones de licopeno en el suero entre dos y tres veces en comparación con el crudo. (36)

##### Características químicas

Se trata de un compuesto con estabilidad a condiciones variables de pH, temperatura, luz y condiciones REDOX. Es altamente lipofílico y por ello, soluble en glicerina. (3), (37)

##### Formas comerciales

Polvo que aporta color rojo. (3)

##### Uso y propiedades

En la industria alimentaria se utiliza como colorante en salsas, sopas, quesos, etc. (1),(3)

Estudios recientes confirman que el consumo de Licopeno conlleva un menor riesgo de cáncer de estómago, esófago, colon, pulmón, páncreas, mamas, piel, vesícula y cervix.

Además, ensayos in vivo muestran su capacidad para reducir la aterogénesis por su interferencia en el daño oxidativo del ADN y de las lipoproteínas. (37) Su propiedad más destacable es que una elevada ingestión de este compuesto reduce la incidencia de la enfermedad del cáncer de próstata. Por ello, se utiliza como adyuvante en el tratamiento de este cáncer puesto que incrementa la apoptosis e incluso, en algunos casos, inhibe la progresión de las células tumorales. (1), (38) A pesar de esto, parece que su consumo a través de la dieta no es suficiente. (36)

##### Toxicidad

La EFSA estudió los niveles máximos de este compuesto, estableciendo su IDA en 0,5mg/kg peso/día. Existen límites máximos en función del alimento fabricado. (1)

#### 4.1.7.2. XANTOFILAS (E161 a...f)

##### Obtención

Los métodos de extracción de las xantofilas son variados. Así, la *Luteína* se extrae de plantas, frutos, alfalfa (*Medicago sativa*) y cempasúchil (*Tagetes erecta*). Por su parte, la *Cantaxantina* se obtiene de crustáceos o por transformación microbiológica de *Canthaarellus cinnabarinu* o *Brevibacterium* KY-4313. Son útiles los solventes polares como el etanol o la acetona. Existen trabajos en los que se describe la extracción de *Astaxantina* a partir de deshechos de crustáceos tras una fermentación. (1), (26)

##### Características químicas

Se trata de derivados oxigenados de los carotenos. Contienen grupos hidroxilo, epoxi, metoxi y ceto. Son estables a variaciones de pH, temperatura y luz, pero ligeramente susceptibles a la oxidación, pero son poco solubles en aceite y etanol e insolubles en agua. (3), (26)

##### Formas comerciales

Por su solubilidad en disolventes lipídicos se encuentra en forma oleosa o forma emulsionada. (3) Aportan diferente color según la xantofila. Por ejemplo, naranja-rojizo-amarillo la *Luteína* o violeta la *Cantaxantina*. (1)

##### Usos y propiedades

En industria alimentaria, cada xantofila se destina como colorante a diferentes materias primas, en distintas cantidades, dependiendo de la especie animal de la que se trate. (3) La aplicación realmente importante es en los huevos y los peces de piscifactoría para conferir un color más intenso. (1)

Ninguna tiene actividad provitamínica A excepción de la *Criptoxantina*. La *Luteína* y la *Zeaxantina* se consideran pigmentos maculares de las regiones centrales de la retina, funcionando como filtros de luz azul. También, reducen el daño fototóxico en los ojos. Otras xantofilas, como la *Astaxantina*, *Fucoxantina* y *Siphonazantina* tienen aplicaciones contra la diabetes y la obesidad. (26)

##### Toxicidad

Los límites máximos permitidos dependerán de la xantofila utilizada y la finalidad de su uso.

#### 4.1.8. BETANINA, ROJO DE REMOLACHA (E 162)

##### Obtención

La *Betaninas* son pigmentos que se obtienen a partir de las raíces de la remolacha roja *Beta vulgaris* L. var. *rubra*. La extracción se realiza mediante disolventes polares, como agua, etanol metanol, o mediante presión de la remolacha triturada, a bajas temperaturas y en oscuridad. Posteriormente, se mejora la capacidad de coloración gracias a un proceso de fermentación que elimina los azúcares y a un calentamiento que elimina las enzimas. Por último, se purifica mediante compuestos ácidos. (1), (3).

También, se están desarrollando otras técnicas como el secado por atomización y posterior microencapsulación, que pretenden conseguir una extracción más eficiente. (33)



### **Características químicas**

Se trata de pigmentos hidrosolubles. Se dividen en función de su estructura como *Betacianinas* y *Betaxantina* siendo ambos derivados del ácido betalactámico. Su color se atribuye a la resonancia de sus dobles enlaces. (1), (2)

La capacidad colorante de estos compuestos es limitada puesto que se degradan con facilidad. Son inestables a temperaturas elevadas, exposición a la luz y reacciones REDOX. Son solubles en agua y etanol e insolubles en aceite. (3), (39)

### **Formas comerciales**

Aportan diferentes colores en función de su estructura: las *Betacianinas* rojo-violeta y las *Betaxantinas* amarillo. (39)

En el caso concreto del rojo de remolacha, se presenta en forma de polvo higroscópico color púrpura-café con brillo metálico, pudiendo encontrarse diferentes matices. (3)

### **Usos**

En industria alimentaria, se ha utilizado a lo largo de toda la historia, empleándose el zumo de remolacha para dar color al vino. Hoy en día, se utiliza para colorear derivados lácteos, sopas, confitería, aliños, patés, pasta de pescado y crustáceos, etc. (1), (2), (3)

### **Propiedades terapéuticas**

Tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, además de ser un excelente aditivo de suplementos alimenticios para deportistas (39). Algunos estudios destacan que por su capacidad antioxidante se deberían realizar pruebas que confirmen si se puede utilizar como una alternativa al tratamiento del Alzheimer. (40) Además, se está planteando su uso en diversas patologías por sus efectos en la presión sanguínea, los niveles de lípidos y el control de la diabetes. (41)

### **Toxicidad**

No se ha encontrado ningún efecto nocivo, y su cantidad máxima en alimentos es de 200mg/kg. (1)

#### **4.1.9. ANTOCIANINAS (E 163)**

### **Obtención**

Las antocianinas se obtienen por maceración o extracción de partes de la piel o la parte carnosa de las frutas. Dicha extracción se realiza con metanol o etanol conteniendo una pequeña cantidad de ácido. Posteriormente, si es necesario se concentra o purifica con solventes orgánicos. Se encuentra en mayor concentración en la piel de uva negra, pero también se puede extraer a partir de peras, ciruelas, manzanas, etc. Se localizan disueltas en la solución vacuolar de las células epidérmicas, aunque pueden estar en estructuras específicas llamadas antocianoplastos. (1), (3), (42)

### **Características químicas**

Las antocianinas son flavonoides muy abundantes en la naturaleza. Se han descrito doce antocianidinas, pero las más comunes son: *Pelargonidina*, *Cianidina*, *Delfinidina*, *Peonidina*, *Petunidina* y *Malvidina*, que se acumulan en las plantas en forma glicosilada dando lugar a las antocianinas. (1), (42) La estructura de las antocianinas consiste en un glucósido

derivado de 2-benzopirilio formado por una cadena de 15 carbonos, la antocianidina, unida a un azúcar mediante un enlace  $\beta$ -glucosídico, normalmente la glucosa y la ramnosa. (2), (42). Son sensibles a las variaciones de pH, siendo rojos en medio ácidos y azules en básico. El color también se ve afectado en función de si tiene más grupos metoxilos o más hidroxilos, de la interacción con otras moléculas como la glucosa y de las condiciones del entorno.

(2) Además, son sensibles al oxígeno y a la presencia de metales. (1)

### Formas comerciales

Se presentan integradas en diferentes productos.

### Usos

En industria alimentaria, se utilizan como colorantes en queso, conservas de frutos rojos, verduras, vinos, confituras, zumos, etc. (2)

También, se han desarrollado suplementos alimenticios con distintas indicaciones: extracto de maíz morado para rejuvenecer y proporcionar un aspecto más radiante a la piel o el arroz rojo como regulador del colesterol, entre otros. (42). Por todo esto, los alimentos que contienen antocianinas son considerados alimentos funcionales.

### Propiedades terapéuticas

Las propiedades terapéuticas de estos colorantes están relacionadas con su capacidad antioxidante. Las antocianinas poseen actividad antiinflamatoria, carcinogénica, antidiabético, mejoran la agudeza visual en el caso de la retinopatía diabética y el comportamiento cognitivo y reductora de la incidencia de enfermedades cardiovasculares demostrada. (1), (2)

Existen estudios que demuestran su capacidad en el vino para atrapar radicales de oxígeno, además de la reducción de la peroxidación de lípidos y la agregación plaquetaria. (42)

A pesar de esto, deben realizarse más estudios puesto que estas propiedades se han realizado en extractos de frutos donde están presentes otros componentes que podrían ser los responsables de estos efectos.

### Toxicidad

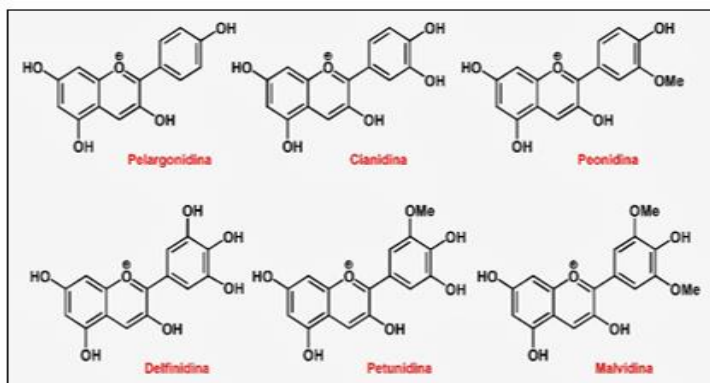
Se trata de un colorante *Quantum satis*, por lo que no tiene ingesta máxima admisible. (1)

#### 4.1.10. DIÓXIDO DE TITANIO E 171

##### Obtención

Se trata de un compuesto inorgánico presente en forma cristalina en los minerales *Rutilo*, *Brushita* y *Anastasa*. También, se sintetiza a partir del sulfato de titanilo por diferentes vías. (1), (3)

**Ilustración 8:** Estructura de algunas antocianinas



**Fuente:** <http://ubuscientia.blogspot.com/2014/01/antocianinas-los-otros-pigmentos-del.html>

### **Características químicas**

Tiene elevado brillo y un índice de refracción alto. (1) Es estable a condiciones extremas de pH, temperatura, luz y REDOX e insoluble en agua, aceite y etanol. Se le pueden añadir cantidades pequeñas de aluminio y/o silicio para mejorar las propiedades tecnológicas del producto. (3) Aporta color blanco y opacidad. (1)

### **Formas comerciales**

Polvo blanco amorfo, inodoro e insípido. Es el pigmento con mayor poder cubriente. (3)

### **Usos**

Tiene muchas aplicaciones. A nivel industria alimentaria, está autorizado el uso en pastelería, confitería, pescados y productos elaborados. Se añade a líquidos con lacas para evitar la sedimentación. Mayoritariamente, se utiliza en alimentos semisólidos y viscosos para que permanezca disperso.

A nivel industria farmacéutica, hay estudios que proponen su uso como vehículo para la liberación de pequeñas moléculas y macromoléculas de fármacos mediante el desarrollo de nanopartículas porosas con las moléculas activas en su superficie. (43)

Tanto en industria farmacéutica como alimentaria se utiliza para proporcionar opacidad a los recipientes y absorber la luz, lo que permite una mejor conservación del producto. (1), (2)

### **Propiedades terapéuticas**

No se han encontrado propiedades terapéuticas demostradas.

### **Toxicidad**

No se han probado reacciones adversas por un comité mixto de la FAO/OMS que declaró que no era necesario establecer una ingesta diaria admisible. Es *Quantum satis*. (1), (17)

\*Existen otros colorante minerales de menor interés que se han obviado para ajustarse, en lo posible a la extensión indicada para los TFG, como son: Carbonato Cálcico E 170, Óxidos e hidróxidos de hierro E 172, Aluminio E 173, Plata E 174 y Oro E 175

## **4.2 Ventajas e inconvenientes de la sustitución de colorantes artificiales por naturales.**

Los colorantes naturales presentan notables ventajas sobre los artificiales en especial en el ámbito de la seguridad y alguna desventaja, sobretodo en cuanto a rendimiento industrial, lo cual no es extraño considerando que se han desarrollado *ad hoc* para este fin.

A continuación, relacionamos las diferencias, ventajas e inconvenientes en distintos aspectos.

### **4.2.1 Formas comerciales**

Los colorantes artificiales destacan por su gran variedad de presentaciones, lo que permite escoger la más adecuada en cada caso. Además, por sus características físico-químicas es posible realizar mezclas fácilmente. Sin embargo, para poder incorporar los colorantes naturales deben realizarse modificaciones tecnológicas del producto, a diferencia de los artificiales que son de uso generalizado. (44)

### **4.2.2 Manipulación y almacenaje**

Los colorantes artificiales tienen mayor estabilidad que los naturales, siendo los naturales

sensibles a la luz, REDOX y al oxígeno por lo que su almacenamiento tiene que ser en condiciones específicas para evitar su degradación. (3), (44)

#### 4.2.3 Color

Los colorantes artificiales son sometidos a controles para que los colores obtenidos por distintos fabricantes sean exactamente los mismos, debe ser un proceso automatizado y por tanto proporcionan un color más homogéneos. Por su parte, los colorantes naturales presentan mayor variabilidad ya que no pueden ser sometidos al proceso de certificación. Además, durante el proceso de fabricación dicho color puede variar. (1), (3), (44)

#### 4.2.4 Sabor

Los colorantes artificiales no aportan sabor a los productos a los que se añaden. Los colorantes naturales pueden variar el sabor de los alimentos proporcionando un efecto, a veces beneficioso, pero la mayoría de ellas no deseado. (2), (42)

#### 4.2.5 Toxicología

El número de colorantes naturales sin ingesta diaria admisible o con valores superiores es mayor que el de colorantes artificiales, para los cuales el consumo está más restringido y su seguridad está más cuestionada. (3), (44)

#### 4.2.6 Terapéutica

Los colorantes naturales no están compuestos solamente por el pigmento, sino que son una mezcla sinérgica de componentes que pueden conferir propiedades beneficiosas a los alimentos que se añaden. Por ejemplo, la curcumina tiene diversos efectos a nivel tópico y sistémico, la Riboflavina ayuda a la conservación de epitelios, la clorofila permite el tratamiento de anemia y diferentes afecciones de la piel, la mayoría de carotenoides son antioxidantes e inmunomoduladores con actividad provitamina A, la betaína también posee actividad antioxidante y antiinflamatoria, las antocianinas tienen diversas aplicaciones terapéuticas debido a su capacidad antioxidante, entre otros.

Por su parte, los colorantes artificiales solo están constituidos por el pigmento y su única finalidad solo es aportar color.

En el siguiente cuadro se resumen las principales características de los colorantes mencionados:

**Tabla 3:** Resumen de las características de los colorantes naturales estudiados

Nombre	E	Color	Efectos Beneficiosos	Dosis Máxima
Curcumina	100	Amarillo-anaranjado	Antiinflamatorios, antiartríticos, antisépticos, tópicos.	Regulada
Riboflavina	101	Amarillo-anaranjado	Conservación de epitelios.	q.s
Cochinilla, ácido carmínico y carmines	120	Rojo	No se han encontrado.	Regulada
Clorofilas, clorofilinas y complejos cúpricos de clorofilinas	140/ 141	Verde	Antimutagénico, antiséptico, desodorante y laxante. Tratamiento de anemia, hipertensión, quemaduras.	q.s
Caramelo	150	Marrón-rojizo	Estabilización sistemas coloidales, reducción cambios características	q.s

			organolépticas y conservación.	
<i>Carbón vegetal</i>	153	Negro	No se han encontrado.	<i>q.s</i>
<i>Carotenos Carotenos Annato, bixina y norbixina Capsantina y capsorrubina Licopeno</i>	160	1. Amarillo-anaranjado 2. Naranja 3. Anaranjado-rojizo 4. Rojo	Actividad provitamina A (no todos), antioxidante e inmunomoduladora.	1. <i>q.s</i> 2. Regulada 3. <i>q.s</i> 4. Regulada
<i>Xantofilas</i>	161	Depende de la xantofila	Reducción del daño fototóxico (luteína y zeaxantina). Tratamiento de diabetes y obesidad (astaxantina, fucoxantina y siphonazantina).	Regulada
<i>Betaína, rojo de remolacha</i>	162	Betacianinas (rojo-violeta) y betaxantinas (amarillo)	Antioxidante y antiinflamatoria.	Regulada
<i>Antocianinas</i>	163	Rojo en medio ácido y azul en medio básico	Antioxidante.	<i>q.s</i>
<i>Dióxido de titanio</i>	171	Blanco	Vehículo de fármacos.	<i>q.s</i>

## E. CONCLUSIONES

- 1º. Los **colorantes naturales** presentan la ventaja de contener numerosos compuestos que le **aportan un valor añadido, confiriéndole frecuentemente propiedades terapéuticas**, que se añaden a las tecnológicas, pudiendo ser utilizadas para el alivio o prevención de ciertas patologías.
- 2º. Además, su **nivel de seguridad es tan elevado** que se pueden añadir a los alimentos en la cantidad incluso mucho mayores a las necesarias.
- 3º. **Los procesos de extracción**, conservación y manipulación de los colorantes naturales no están optimizados, siendo la mayoría de veces **poco rentable** su uso. Por estas características tecnológicas, han sido desplazados por los artificiales.
- 4º. Debido al retorno hacia los productos naturales y la aparición de la quimiofobia el consumo de productos con componentes naturales comienza a incrementarse en detrimento de los artificiales. Por ello, **es necesario que la industria encuentre métodos alternativos y más optimizados para su obtención.**
- 5º. También, es necesaria una **mayor educación sanitaria de los consumidores** para que diferencien entre información falsa o verídica con rigor científico y aprendan a consultar las etiquetas, distinguiendo los componentes que se señalan en ellas. La finalidad de todo ello es una mayor protección de la población con el fin de preservar su salud.

## F. BIBLIOGRAFÍA

1. Inmaculada Mateos-Aparicio. Aditivos Alimentarios Madrid: Dextra Editorial S.L; 2018.
2. Delgado Vargas F, Paredes Lopez O. Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses Florida: CRC Press. [Internet]. 2003. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/31765528>
3. Nuria Cubero AMJV. Aditivos Alimentarios Vicente AM, editor. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa; 2002.
4. IX CONGRESO NACIONAL DEL COLOR. IX CONGRESO NACIONAL DEL COLOR [Internet]. Valencia: Varios autores; 2010 [Citado el 23 de marzo de 2020]. p. 384-387. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16352/1/actas\\_IX\\_CNC\\_13.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16352/1/actas_IX_CNC_13.pdf)
5. Aditivos naturales. Arbor [Internet]. 2001 [Consultado el 17 de marzo de 2020];(661) Availablefrom: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/824/831>.
6. Alquimia: Pigmentos y colorantes históricos. Real Sociedad Española de Química [Internet]. 2010 [Consultado el 18 de marzo de 2020];(106). Disponible en: <https://rseq.org/>
7. Arango Ruíz Á. Desarrollo de un proceso de extracción limpia de colorantes a base de curcumina. [Internet]. 2016 [Consultado el 19 de marzo de 2020];. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2844>
8. Saiz de cos P. Cúrcuma I (Curcuma Longa L). e Reduca (Biología) Serie Botánica. [CONSUTADO el 5 de julio de 2020]; 7 (2): 84-99, 2014. ISSN: 1989-3620
9. Alzate Ceballos, J. A.; López-Padilla, A.; Caicedo, J. A.; Cano Salazar, J. A. Obtención del complejo ciclodextrina-curcumina y su uso como reemplazante de tartrazina. Revista Lasallista de Investigación. [Internet]. 2012 [Consultado el 19 de marzo de 2020]; vol. 9, núm. 2. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69525875010>
10. Tauany Andrade J, Fantini de Figueiredo G, Ferreira Cruz L, De Moraes SE, Ferreira Souza CD, Carmo Horta F et al. Efficacy of curcumin in the treatment of experimental vulvovaginal candidiasis. RevIberoamMicol. [Internet]. Oct-Dec 2019 [Consultado el 19 de marzo de 2020]. Disponible en:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31757595>
11. Suzuki M, Betsuyaku T, Ito Y, Nagai K, Odajima N, Moriyama C et al. Curcumin attenuates elastase- and cigarette smoke- induced pulmonary emphysema in mice. Am J PhysiolLung Cell Mol Physiol. [Internet]. 2009 Apr [Consultado el 19 de marzo de 2020];296(4):L614-23. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19168576>
12. Giuseppe M, Russo GI, Urzi D, Privitera S, Castelli T, Favilla v et al. A phase II, randomized, single-blinded, placebo-controlled clinical trial on the efficacy of curcumina and calendula suppositories for the treatment of patients with chronic prostatitis/chronic pelvic pain syndrome type III. ArchItalUrolAdnrol. [Internet]. 2017 Jun 30; [Consultado el 19 de marzo de 2020]; 89(2):110-113. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28679180>
13. Colorantes naturales. Universidad de Zaragoza. [Consultado el 15 de julio de 2020]. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/adit/colornat.html>
14. Acofarma distribución S.A. Ficha de información técnica: Vitamina B2 (Riboflavina) [Internet]. 2020.[Consultado el 21 de marzo de 2020] Availablefrom: <https://formulasmagistrales.acofarma.com/idb/descarga/3/fd9d6a7c1f822573.pdf>
15. Picaso R. Nutrición y salud. 2nd ed. Madrid: Marban; 2015
16. Agreda Rodríguez MA. Evaluación de seis métodos para la extracción del ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla (Dactilopius coccus costa) según las condiciones de laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Repositorio USAC. [Internet]. 2009 [Consutado el 22 de marzo de 2020]. Disponible en: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/10792/1/TESIS\\_Extraccion%20de%20Acido%20Carmico\\_2008.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/10792/1/TESIS_Extraccion%20de%20Acido%20Carmico_2008.pdf)
17. Sánchez Juan R. La química del color en los alimentos. Química viva [Internet]. 2013 [Consultado el 24 de marzo de 2020];(3):234-246. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86329278005>
18. Merinas Amo R, Martínez Jurado M, Jurado Güeto S, Ángeles Alonso M, Merinas Amo T.

- Biological Effects of Food Coloring in In vivo and In vitro Model Systems. Foods. [Internet]. 2019 Mayo [Consultado el 30 de marzo de 2020];2-14. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6560448/>
19. Sales de sodio y cobre de la clorofila: usos, aplicaciones terapéuticas, actividad antimutagénica y anticancerígena. Revista especializada en ciencias químico-biológicas [Internet]. 2001 [Consultado el 30 de marzo de 2020];(2):78-83. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Garcia-Rodriguez2/publication/267452147\\_Sales\\_de\\_sodio\\_y\\_cobre\\_de\\_la\\_clorofila\\_usos\\_aplicaciones\\_terapeuticas\\_actividad\\_antimutagena\\_y\\_anticancerigena/links/544ff9de0cf201441e9353b4.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Garcia-Rodriguez2/publication/267452147_Sales_de_sodio_y_cobre_de_la_clorofila_usos_aplicaciones_terapeuticas_actividad_antimutagena_y_anticancerigena/links/544ff9de0cf201441e9353b4.pdf)
  20. Flavorix aromáticos S.A. [Consultado el 15 de julio de 2020]. Disponible en <http://flavorix.com/producto/colorante-natural-caramelo-e-150/>
  21. **Houben G F, Penninks A H.** Immunotoxicity of the colour additive caramel colour III; a review on complicated issues in the safety evaluation of food additive. Toxicology. [Internet]. 1994 Aug 12 [Consultado el 30 de marzo de 2020];91(3):289-302. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8079366/>
  22. Hengel M, Shibamoto T. Carcinogenic 4(5)-methylimidazole found in beverages, sauces, and caramel colors: chemical properties, analysis, and biological activities. J Agric food chem. [Internet]. 2013 Jan 30 [Consultado el 2 de abril de 2020];61 (4):780-p. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23294412/>
  23. Behl M, Willson CJ, Cunny H, M.D Foster P, McIntyre B, Shackelford C et al. Multigenerational reproductive assessment of 4-methylimidazole administered in the diet to Hsd:Sprague Dawley SD rats. Elsevier [Internet]. 2020 [Citado el 2 de abril de 2020];2,4. Availablefrom: <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2020.03.005>
  24. Fátima Ibanez A. Pigmentos colorantes y tintes: Una particular visión. Parte II. Educación en la química en línea [Internet]. 2014 [Consultado el 2 de abril de 2020];(2):137-145. Availablefrom: <https://www.researchgate.net/publication/261287364>
  25. Antonio J. Meléndez-Martínez (2017) Carotenoides en agroalimentación y salud. Editorial Terracota, SA de CV / México. [Consultado el 19 de julio de 2020]
  26. Espinosa Andrews H, García Márquez E, Gastélum Martínez E. Los compuestos bioactivos y tecnologías de extracción. Ciatej [Internet]. 2016 [Consultado el 6 de abril];(1). Availablefrom: [https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_5a43b85320f15.pdf](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b85320f15.pdf)
  27. García Bacallao L, García Gómez LV, Rojo Domínguez DM, Sánchez García E. Plantas con propiedades antioxidantes. Revista cubana de biomedicina. [Internet]. 2001 [Consultado el 6 de abril de 2020];20(3):231-235. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002001000300011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002001000300011)
  28. Yuan C, Fondell E, Ascherio A, Okereke OI, Grodstein F, Hofman A et al. Long-term intake of dietary carotenoids is positively associated with late-life subjective cognitive function in a prospective study in US Women. J Nutr. [Internet] 2020 [Consultado el 4 de mayo de 2020];9;nxaa087. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32386230/>
  29. González-Quevedo Rodríguez Mario, Sotolongo Baró María C., Quert Álvarez Rolando, Corral Salvadó Aida, Batista Veranes Mirta. Crema epitelizante de clorofila, carotenos y vitaminas aplicada en heridas abiertas experimentales. Rev Cub Med Mil [Internet]. 2001 Nov [Consultado el 15 de abril de 2020];30( 4 ): 236-240. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572001000400004&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572001000400004&lng=es).
  30. Olea, Serrano, María Fátima, and Martínez, María Carmen López. Aspectos bromatológicos y toxicológicos de colorantes y conservantes, Ediciones Díaz de Santos, 2006. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=3201594>.
  31. Lourido Pérez Hetzel de la C., Martínez Sánchez Gregorio. La Bixa orellana L. en el tratamiento de afecciones estomatológicas, un tema aún por estudiar. Rev Cubana Farm [Internet]. 2010 Jun [Consultado el 15 de abril de 2020] ; 44( 2 ): 231-244. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75152010000200012&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000200012&lng=es).
  32. Terrones G. Efecto antifúngico del extracto etanólico de fruto secos de



- Capsicunannuumvar. annum "pimentón" sobre el crecimiento de *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus niger*. Sagasteguiana [Internet]. 2013 [Consultado el 18 de abril de 2020];(2):2. Available from: [http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVS\\_AGAS/article/view/1794](http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVS_AGAS/article/view/1794)
33. Cardona R., Jhon A, Lopera M, Guillermo I, Montoya R, Alejandra M, Montoya V, Ana M, peña A et al. Obtención de oleoresina de pimentón (*Capsicum annum* L.). *Vitae* [Internet]. 2006 [Consultado el 18 de abril de 2020];13(1):05-09. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169813260001>
34. Figuera Chacín YJ, Malacé Acuña AC, Cordero Mendoza J, Méndez Natera JR. Constituyentes químicos de hierbas y especias. Científica UDO agrícola [Internet]. 2013. [Consultado el 20 de abril de 2020];(1)-16. Disponible en: <http://udoagricola.orgfree.com/V13N1UDOA/V13N1Figuera1.pdf>
35. Cardona EM, Ríos LA, Restrepo V. GM. Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto (*Lycopersicon esculentum*). *Revista Facultad de química farmacéutica*. [Internet]. 2006. [Consultado el 21 de abril de 2020];(2):44-53. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a06.pdf>
36. Cruz Bohórquez, R et al (2013). *Nutrición Hospitalaria Nutr. Hosp.* vol.28 no.1 Madrid
37. Perriago M. J, Martínez-Valverde I, Ros G, Martínez C, López G. Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. *Anales de veterinaria de Murcia*. [Internet] 2001. [Consultado el 25 de abril de 2020] 17, 51-66. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/16461>
38. Tjahjodjati, Sugandi S, Umbas R, Satari M. The protective effect of lycopene on prostate growth inhibitory efficacy by decreasing insulin growth factor-1 in indonesian human prostate cancer cells. *Res RepUrol*. [Internet] 2020 [Consultado el 25 de abril de 2020];12:137-143. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32368526/>
39. Salazar Llangari KG, Flores LM, Coba Carrera RL, Brito Moina HL. Obtención de Betacianinas de la Remolacha (*Beta vulgaris*). CD [Internet]. 2019 [Consultado el 28 de abril de 2020];3(3.4.):228-3. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/849>
40. ErindriaGonzalez Tello MM. Efecto de la betanina en los cambios de la expresión y distribución de los receptores a serotonina 5-ht2c y 5-ht5a en un modelo de ratas para alzheimer inducido por dieta. Repositorio Institucional UAQ. [Internet]. Nov 2017. [Consultado el 28 de abril de 2020]. Disponible en: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1340>
41. Hadipour E, Taleghani A, Tayarani-Najaran N, Tayarani-Najaran Z. Biological effects of red beetroot and betalains: A review. *Phytother Res*. [Internet] 2020 Mar 14. [Consultado el 28 de abril de 2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32171042/>
42. Miguel Aguilera O, Reza Vargas MC, Chew Madinaveitia RG, Meza Velázquez JA. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Biotechnia*. [Internet]. 2011 nov 4 [Consultado el 5 de mayo de 2020]; 16-22. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/81/75>
43. Andrade Guel ML, Díaz Jiménez L, Cortés Hernández D. Materiales nanoestructurados cerámicos como vehículo para la liberación de principios activos. *Avances en química*. [Internet]. Dic 2013 [Consultado el 5 de mayo de 2020];8(3), 172. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93330145004>
44. Parra Ortega VP. Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico. Repositorio de la universidad austral de Chile. [Internet]. 2004. [Consultado el 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fap259e/pdf/fap259e.pdf>

## **ANEXO: TABLAS E ILUSTRACIONES**

- **Tabla 1:** Tipos de caramelo
- **Tabla 2:** Clasificación de carotenoides
- **Tabla 3:** Resumen de las características de los colorantes naturales estudiados
- **Ilustración 1:** Nº de veces que se ha buscado el término "colorante" en los últimos 15 años



- **Ilustración 2:** Estructura de curcuminoides
- **Ilustración 3:** Estructura de la riboflavina
- **Ilustración 4:** Estructura del ácido carmínico
- **Ilustración 5:** Estructura de la clorofila
- **Ilustración 6:** Estructura del isopreno
- **Ilustración 7:** Estructura de algunos carotenoides
- **Ilustración 8:** Estructura de algunas antocianinas