

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

Facultad de Ciencias Agrarias  
Escuela de Ingeniería en Alimentos

# **Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ciencias de los Alimentos.

Profesor Patrocinante : Srta. María Adela Martínez Sanguinetti - Bioquímico -  
Licenciado en Ciencias Biológicas - Instituto de Farmacia.

**Verónica Paz Parra Ortega**

**Valdivia Chile 2004**



# Contenido

Profesor Co-Patrocinante .	1
Profesor Informante . .	3
RESUMEN .	5
SUMMARY .	6
1. INTRODUCCION .	7
2. REVISION BIBLIOGRAFICA . .	9
2.1. Color .	9
2.2. Aditivos alimentarios . .	10
2.3. Colorantes .	10
2.4. Aspectos toxicológicos de los colorantes .	20
3. MATERIAL Y METODO . .	25
3.1. Materiales .	25
3.2. Método .	26
4. PRESENTACION DE RESULTADOS . .	27
4.1. Colorantes artificiales .	27
4.2. Colorantes naturales .	37
4.3. Aspectos toxicológicos . .	52
5. DISCUSION DE RESULTADOS .	59
5.1. Características funcionales de los colorantes .	59
5.2. Aspectos toxicológicos . .	62
6. CONCLUSIONES . .	67
BIBLIOGRAFIA .	69
ANEXOS .	75
Anexo 1. Especificaciones químicas de colorantes artificiales . .	75
Anexo 2. Especificaciones químicas de colorantes naturales .	77
Anexo 3. Criterios de pureza para colorantes artificiales .	79



## Profesor Co-Patrocinante

Sr. Cristián A. Becerra Contreras - Ingeniero en Administración Industrial - Frankonia Corporation S.A.



## Profesor Informante

Sr. Fernando Figuerola Rivas - Ingeniero Agrónomo, M.S. - Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.





## RESUMEN

El color de un alimento entrega una primera impresión acerca de éste e influye en la decisión final de cual de ellos consumir. En la actualidad colorear los alimentos es una práctica común, ya sea para resaltar, recuperar o uniformar su color original o simplemente para hacerlos más atractivos.

Existen en el mercado dos tipos de colorantes, los naturales y los sintéticos. Al momento de seleccionar un colorante surgen varias preguntas, sobre las características tecnológicas, toxicológicas y legales acerca del uso de los colorantes.

Esta revisión recopila la información relativa a los colorantes actualmente autorizados por el Reglamento Sanitario de los Alimentos, sus características funcionales, químicas, recomendaciones de uso y aspectos toxicológicos, basada principalmente en publicaciones FAO/OMS, a través de su Comité Conjunto de Expertos en Aditivos para Alimentos y del Codex Alimentarius.

De la información obtenida se concluye que los colorantes artificiales poseen mejores características funcionales y tecnológicas que los naturales, lo que los hace más apropiados para usar en una amplia gama de alimentos. Relativo a toxicidad, todos los colorantes poseen un valor de Ingesta Diaria Admisible y Toxicidad Aguda, según los cuales se califica con mayor o menor grado de seguridad al usar.

La decisión final de qué colorante usar dependerá del tipo de alimento que se esté desarrollando, sus características funcionales, preferencias de los consumidores, políticas establecidas por el fabricante y de la legislación vigente sobre el uso de aditivos

colorantes en alimentos.

## **SUMMARY**

The colour of foods gives the first approach about them and influences the final choice of one of them. Currently, colouring foods is a common practice, either to enhance, restore or uniform their original colour or simply to make them more attractive.

There are two types of food colours, the naturals and the syntheticals. At the moment of selecting a colour additive many questions arise about technological properties, toxicological issues and legislation about the use of colour additives. This review summarize the information about colour additives that nowadays are allowed by the Reglamento Sanitario de los Alimentos, their functional and chemical properties, suggests in use and toxicological issues, essentially based in FAO/WHO's publications, prepared by their Joint Committee of Experts in Food Additives and Codex Alimentarius.

About the obtained information the conclusions are that synthetic colours has better functional and technological properties than the naturals, then they are suitable for a wide variety of foods. Related to toxicity, all colour additives owns a value for Aceptable Daily Intake and Acute Toxicity, and according to them they are qualified with a high or a low safety to use.

The final choice on which colour additive use will depends on the kind of food that is in process, their functionals properties, consumer's taste, industry's policy and laws about use of food colours additives.

# 1. INTRODUCCION

El color de un alimento es una de las características organolépticas fundamentales que se considera a la hora de elegir uno de ellos, ya sea porque indica el grado de madurez de una fruta o si un trozo de carne está o no fresco. En el caso de alimentos procesados como son helados, bebidas de fantasía, jugos de fruta o confites, el color también es fundamental, ya que indica cual es el sabor más probable del alimento, así el rojo se asocia con frutilla, el amarillo con plátano, el verde con manzana o kiwi y el naranja con sabor a naranja.

Se define color, como la sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de su longitud de onda (RAE, Diccionario de Lengua Española, 2001).

Si asociamos esta definición con los alimentos, se tiene que el color de éste da la primera impresión, y quizás la más importante, acerca de él, la que nos lleva, en el anaquel del supermercado, a elegir cual de ellos consumir.

Colorear los alimentos es y ha sido una práctica muy común en la industria que los fabrica, ya sea para resaltar el color natural, recuperar el color perdido por los tratamientos a los que se somete el alimento, dar un color uniforme a distintas partidas o simplemente hacerlo más atractivo a los consumidores, quienes en su mayoría prefieren productos de colores definidos y llamativos.

Para conseguir dar color a los alimentos, fuera del que poseen por su naturaleza, se utilizan sustancias colorantes, las cuales son sustancias que al ser agregadas a los

alimentos les proporcionan, refuerzan o varían el color.

Inicialmente se usaron sustancias colorantes extraídas de plantas o minerales, en la actualidad se utilizan mayormente colorantes artificiales o sintetizados químicamente.

Los colorantes pueden agruparse de varias maneras, según su origen, características de disolución, y por la coloración que proporcionan al agregarse a un alimento, es decir, simplemente agruparlos por color.

En este caso se utilizará la clasificación según su origen, es decir se trabajará con dos grupos, los NATURALES y los ARTIFICIALES o SINTETICOS.

Los colorantes sintéticos, tecnológicamente han resultado tener excelentes propiedades en cuanto a disolución, gama de colores que se puede obtener, resistencia a tratamientos propios de los procesos de fabricación, además de ser significativamente más baratos que los naturales, a causa de esto es que su uso en la industria de alimentos se ha extendido ampliamente, tanto en la diversidad de productos en que se emplean, como en los distintos países en que su uso está permitido.

En los últimos años la seguridad de los alimentos y de los aditivos a los que se recurre en su fabricación, ha sido tema de estudio en diversos organismos preocupados de asegurar la inocuidad de los alimentos, como son FAO, OMS y FDA, por citar algunos, lo que lo ha llevado a ser un tema también presente en la industria. En nuestro país, de igual manera, hay preocupación por el tema, es así que la legislación establece claramente que deben declararse y como deben rotularse algunos colorantes sintéticos, para llamar la atención de los consumidores sobre su ingesta.

De esta forma el objetivo de esta revisión es establecer un paralelo entre colorantes sintéticos y naturales, desde el punto de vista de sus características funcionales y toxicológicas, y generar un manual que contenga la información necesaria para decidir la utilización de un colorante y sus recomendaciones o inconveniencias de uso.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

El uso de aditivos en la producción de alimentos ha sido un tema muy controversial en los últimos años. La necesidad de usarlos ha hecho imprescindible la búsqueda del equilibrio entre la seguridad de su ingesta y el beneficio tecnológico que entregan a los alimentos. Una de las principales áreas de discusión es el uso de colorantes para alimentos.

Los colorantes son fundamentales en la elaboración de alimentos, ya sea por razones tecnológicas, o para satisfacer los requerimientos organolépticos de la población. Los colorantes forman parte del alimento como un todo y mantienen una estrecha relación con el sabor, aroma y la textura (SECCO, 1994).

Existen diversos tipos de colorantes que se usan actualmente en la industria elaboradora de alimentos, pero ¿son iguales todos los colorantes?; tecnológicamente, ¿funcionan de la misma manera los distintos tipos de colorantes?; del punto de vista toxicológico ¿son inocuos?; legalmente ¿cuáles están permitidos?, ¿cuánto es la cantidad máxima permitida?, ¿cuáles son los criterios que hacen que algunos estén permitidos y otros no?

Esta revisión bibliográfica tiene por objetivo responder estas y otras preguntas que surjan en torno al tema del uso de colorantes en la fabricación de alimentos.

### 2.1. Color

El color que se observa en los cuerpos depende del tipo de radiaciones que éste absorbe o refleja al recibir un haz de luz blanca. Por esto se puede definir color como la impresión que produce en la vista, la luz reflejada por un cuerpo. La luz visible está formada por vibraciones electromagnéticas cuyas longitudes de onda van de unos 350 a unos 750 nanómetros (milmillonésimas de metro) encarta. Si un cuerpo absorbe todos los colores, sin reflejar ninguno, se verá negro, si por el contrario los refleja todos y no absorbe ninguno, aparecerá blanco. Si sólo refleja un color y absorbe los demás, se verá del color reflejado.

La luz visible está formada por vibraciones electromagnéticas cuyas longitudes de onda van de unos 350 a unos 750 nanómetros (milmillonésimas de metro) (MICROSOFT. Biblioteca de Consulta Encarta® 2003). Si un cuerpo absorbe todos los colores, sin reflejar ninguno, se verá negro, si por el contrario los refleja todos y no absorbe ninguno, aparecerá blanco. Si sólo refleja un color y absorbe los demás, se verá del color reflejado.

Los colores se clasifican como:

- Cromáticos (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta) que son los colores del Arco Iris.
- No cromáticos, que son blanco, negro y gris (MADRID, 1992).

## **2.2. Aditivos alimentarios**

Según el Artículo 130 del Reglamento Sanitario de los Alimentos, “se considera aditivo alimentario cualquier sustancia que no se consume normalmente como alimento por sí misma ni se usa como ingrediente típico del alimento, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencional al alimento para un fin tecnológico (inclusive organoléptico) en la fabricación, elaboración, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento provoque (directa o indirectamente), el que ella misma o sus subproductos lleguen a ser un complemento del alimento o afecten sus características” (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002).

El Artículo 132 del mismo Reglamento considera como aditivo alimentario permitido, a aquellos cuya inocuidad ha sido evaluada toxicológicamente, considerando tanto los efectos carcinogénicos, como mutagénicos y teratogénicos, en diferentes especies animales como también en estudios bioquímicos y metabólicos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002).

## **2.3. Colorantes**

Se define como colorante, cualquiera de los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas, productos

alimenticios y otras sustancias (MICROSOFT. Biblioteca de Consulta Encarta® 2003).

La FDA, organismo encargado de la Administración de Drogas y Alimentos en Estados Unidos, define como aditivo colorante a cualquier pigmento o sustancia fabricada u obtenida de vegetales, animales o minerales capaz de colorear alimentos, drogas, cosméticos o alguna parte del cuerpo humano.

Los colorantes se utilizan en la elaboración de alimentos por determinadas razones, que pueden ser una o más de las siguientes:

\* Restaurar el color original del alimento, cuando éste se haya destruido como efecto de algún proceso tecnológico o condiciones de almacenaje a las que se someta el alimento. Por ejemplo en vegetales y frutas procesadas.

\* Corregir variaciones naturales de color, por ejemplo, mantener la uniformidad del color debida a variaciones en la intensidad del mismo. Es el caso de frutas cosechadas en distintas estaciones o con distinto grado de madurez, asegurando así la uniformidad en apariencia y por ende la aceptabilidad. Sin embargo, enmascarar unidades de inferior calidad, es una práctica inaceptable.

\* Intensificar el color propio del alimento cuando éste es débil y poco uniforme. Por ejemplo en yogur adicionados de fruta, el color que ésta proporciona es muy débil y resulta poco atractivo a los consumidores. También es común esta práctica en mermeladas.

\* Otorgar al alimento un color que lo identifique y le dé una apariencia atractiva, ejemplo de esto son bebidas de fantasía, helados, jaleas, postres, caramelos.

Así, al agregarlos a los alimentos los colorantes ayudan a mejorar su aceptabilidad, ya que les otorgan un color definido, uniforme y constante para un mismo producto, aún en distintos lotes de fabricación y épocas del año (ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1993).

Según el artículo 145 del Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002), se permite el uso sólo de las sustancias colorantes mencionadas en el mismo, las cuales se dividen en dos grupos:

- a) Colorantes artificiales y sus lacas
- b) Colorantes naturales y derivados

**2.3.1. Colorantes artificiales.** En este grupo se encuentran aquellos colorantes que son elaborados por el hombre a través de procesos de síntesis química y que no existen por si mismos en la naturaleza (SECCO, 1994).

Dentro de este grupo, se encuentran los llamados, “Aditivos Colorantes Certificables o Certificados”, y poseen la característica de que cada lote debe ser analizado tanto por el fabricante como por la FDA. Este proceso de aprobación, conocido como Certificación de Aditivos Colorantes, resguarda la seguridad, calidad, consistencia y fuerza del aditivo colorante previo a su uso en alimentos (ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1993).

También forman parte de este grupo los denominados Colorantes Azoicos, los cuales pertenecen a una familia de sustancias orgánicas que se caracterizan por la presencia de

un grupo particular que contiene nitrógeno unido a un anillo aromático. Todos ellos se obtienen por síntesis química y ninguno existe en la naturaleza.

Pertenecen a este grupo de colorantes: Allura Red AC, Tartrazina, Amarillo Ocaso, Carmoisina, Ponceau 4R, Café HT y Negro Brillante, Amaranto y Rojo 2G, estos dos últimos no están autorizados por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002).

Actualmente estos colorantes tienen como característica el que se absorben muy poco en el intestino, siendo destruidos por la flora bacteriana intestinal. Los restos de colorantes que son asimilados se eliminan por vía urinaria o biliar.

A estos compuestos se les acusa de ser capaces de producir reacciones de sensibilidad en personas alérgicas a la aspirina, aunque esto se ha demostrado sólo en algunos casos para Tartrazina. A éste último igualmente se le culpa, sin demasiado fundamento de causar alteraciones en el comportamiento y aprendizaje en los niños (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

Los colorantes artificiales son ampliamente usados debido a que su poder colorante es más intenso que el de los naturales, así, se requiere cantidades menores para lograr el mismo efecto de color. Además, estos colorantes son más estables, proveen mejor uniformidad de color y se mezclan más fácilmente, resultando en una amplia gama de tonalidades. Los colorantes artificiales, generalmente no imparten sabores extraños a los alimentos que se agregan, mientras que los que se derivan de otros alimentos, pueden producir este efecto indeseado (ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1993).

Los colorantes artificiales están disponibles para su uso en alimentos tanto como “tintes” o “lacas”.

Los tintes son hidrosolubles, manifiestan su poder colorante al ser disueltos en agua, pero no se disuelven en solventes orgánicos. Se presentan en polvo, gránulos, líquidos u otras formas para propósitos especiales. Pueden ser usados en bebidas, mezclas secas, productos horneados, lácteos, golosinas e incluso en alimentos para animales.

Las lacas son la forma no hidrosoluble de los tintes y colorean por dispersión. Las lacas contienen el mismo pigmento que los tintes, el cual ha sido adsorbido en una base de hidróxido de aluminio. Son más estables que los tintes y son ideales para colorear productos que contienen grasas o carecen de suficiente humedad para disolver los tintes. Los usos típicos de las lacas incluyen tabletas cubiertas, mezclas para coberturas, chicles, masticables y caramelos duros (NOONAN, 1980).

**2.3.1.1. Revisión de la legislación relativa a colorantes artificiales (NOONAN, 1980).** En 1900, eran alrededor de ochenta los colorantes usados en Estados Unidos. En esa época no existían regulaciones que resguardaran el origen y la pureza de estos tintes y se podía encontrar colorante para textiles usándose en alimentos.

La primera legislación relativa a colorantes, fue el Acta de 1906 de Alimentos y Drogas, en la cual se autorizaban siete colorantes para uso en alimentos. Estos siete se determinaron luego de estudiar todos los colorantes en uso, siendo autorizados aquellos de composición conocida y sin efectos fisiológicos adversos. Los siete colorantes



permitidos originalmente fueron:

\* Amaranto, Eritrosina, Indigotina, Verde claro, Amarillo naftol, Naranja 1, Ponceau 3R

Los siete colorantes permitidos dejaban mucho que desear a los fabricantes de alimentos, ya que estaban lejos de satisfacer todas las necesidades de color de la industria, así a través del tiempo se fueron agregando otros colorantes a la lista, no sin antes cumplir con las pruebas de toxicidad. La cronología de la incorporación de los nuevos colorantes fue: Tartrazina (1916); Amarillo AB & OB (1918); Verde Guinea (1922); Verde Rápido (1927); Ponceau SX, Amarillo Ocaso, Azul Brillante (1929); Violeta N°1 (1950); Lacas FD&C (1959); Naranja B (1966) y FD&C Rojo N°40 (1971).

En 1938, *The Food, Drug and Cosmetic Act* (FD&C) hace obligatoria la certificación de los aditivos colorantes y transfiere la autoridad para realizarla a la FDA, previo a esto estaba a cargo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Bajo esta nueva acta, los nombres comunes de los colorantes dejaron de ser usados, en cambio se usaba como prefijo el color y luego el número asignado al colorante, por ejemplo el colorante Amaranto pasó a denominarse como FD&C Rojo N°2.

En este documento, la FDA crea, además, tres categorías de aditivos colorantes certificados, con la finalidad de evitar confusión entre los colorantes para uso en alimentos con aquellos fabricados para otros usos, estas son:

\* *Food, Drug and Cosmetic* (FD&C): colorantes autorizados para su aplicación en alimentos, drogas o cosméticos.

\* *Drug and Cosmetic* (D&C): colorantes autorizados para ser usados en drogas o cosméticos.

\* *External Drug and Cosmetic* (External D&C): colorantes autorizados para ser usados en drogas o cosméticos de aplicación externa (ungüentos, cremas, maquillajes).

Antes de ser incluidos en la lista de 1938, los colorantes fueron nuevamente sometidos a pruebas biológicas para conocer acerca de sus efectos toxicológicos y se sugirió, por parte de la División de Farmacología de la FDA, que debía establecerse límite a la cantidad de colorante a usar, para asegurar la inocuidad.

La sugerencia de que debía establecerse límite a la cantidad de colorante autorizada para uso en alimentos encontró objeciones por parte de la FDA, al punto que la ley no autorizó a la Secretaría de Salud, Educación y Bienestar a fijar las cantidades límite de colorantes, así el término "inofensivo" significó toxicidad cero, para cualquier cantidad de colorante que se usara.

La situación en relación a los colorantes se mantuvo estable, hasta principios de la década del '50, donde se registraron tres incidentes no favorables como resultado del excesivo uso de colorantes en rosetas de maíz y en golosinas. Este exceso resultó en un gran número de casos de diarrea en niños, donde se involucró a los colorantes FD&C Naranja N°1 y FD&C Rojo N°32. Estos incidentes, sumados a estudios realizados con animales, con resultados de toxicidad crónica, llevaron a eliminar de la lista de colorantes certificados, los siguientes: FD&C Naranja N°1, FD&C Naranja N°2 y FD&C Rojo N°32.

Luego de varios conflictos legales, La Corte Suprema de EEUU, determinó que la FDA, bajo la ley de 1938, no tenía autoridad para establecer limitaciones en las cantidades a usar de colorantes. Con posterioridad, los colorantes FD&C Amarillo N°1, N°2, N°3 y N°4, fueron eliminados de la lista de colorantes certificados.

Esta decisión de la Corte Suprema dejó la ley obsoleta e inviable, y así los pigmentos fueron siendo eliminados de la lista de colorantes aun cuando la FDA consideraba que no representaban peligro para la salud de la población.

Bajo el auspicio de la Industria de Colorantes Certificados y la FDA, la Enmienda de Aditivos Colorantes, pasó a ser ley en Julio de 1960. La nueva enmienda fue principalmente diseñada para corregir la inflexibilidad de la antigua ley. Esta ley consistía de dos partes o Títulos, como fueron llamados. Una parte permanente, llamada Título I y el Título II o parte temporal.

El Título I, la sección más importante, estableció reglas uniformes para todos los colorantes permitidos, tanto los certificados como los no certificados. Da la definición para el término “aditivo colorante”, la cual se mantiene hasta ahora. Esta ley entrega los listados de los colorantes que deben ser certificados y los que no; elimina el término “colorantes naturales”, inapropiadamente usado para denominar a los aditivos colorantes no certificados, fuesen estos de origen natural o sintético.

Se le otorga a la Secretaría de Salud, Educación y Bienestar la autoridad de decidir cuando un colorante debe ser clasificado como certificado o no certificado. También se le permite a esta Secretaría, determinar colorantes para usos específicos y establecer la tolerancia en la cantidad a usar de colorante. Si es necesario la tolerancia de uso de un colorante puede ser 0, quedando con esto prohibido su uso.

Este Título incluye también la Cláusula Delaney, referente al cáncer, llamada así en honor a su patrocinador, el legislador James Delaney. Esta establece que ningún aditivo puede ser aprobado si se ha registrado que induce la formación de cáncer cuando es ingerido por animales o humanos.

El Título II, llamado ley temporal, fue diseñado para continuar con el uso de los colorantes, mientras se completaran las investigaciones científicas necesarias para determinar su inocuidad y permitir que se incorporen a los listados de manera permanente (NOONAN, 1980).

Sin embargo, en el período comprendido desde que se promulgó la enmienda de Aditivos Colorantes (1960) y el año 1964, los colorantes FD&C Rojo N°1 y FD&C Rojo N°4, fueron eliminados de la lista de colorantes certificados, debido a los resultados adversos obtenidos en pruebas toxicológicas realizadas en animales. El colorante FD&C Rojo N°4, fue incorporado nuevamente a la lista provisional de colorantes debido a su necesidad para colorear “cerezas marrasquino”, y se autorizó su uso en cantidad máxima de 150 ppm en las cerezas y el almíbar de las mismas. En drogas, se fijó el límite en 5 mg por día en aquellas que no superan las 6 semanas de ingesta.

La Industria de Colorantes Certificados no solicitó extensión de los plazos para los estudios de inocuidad de los colorantes FD&C Verde N°1 (Verde Guinea) y FD&C Green N°2 (Verde Claro), debido a su escasa demanda, así ambos fueron retirados de las listas

de colorantes certificados in 1966. En este mismo año, el colorante Naranja B, fue incluido en forma permanente a la lista de certificados, para ser usado en una cantidad máxima de 150 ppm en salchichas.

A mediados de 1971, un nuevo colorante, FD&C Rojo N°40, fue incorporado en el listado permanente de colorantes certificados. Este colorante de tono rojo escarlata, además de pasar las pruebas de toxicidad, también resultó aprobado en los estudios de teratología y de reproducción.

En Julio de 1969, FD&C Amarillo N°5, FD&C Rojo N°3 y FD&C Azul N°1, fueron listados permanentemente como colorantes certificados para uso en alimentos y drogas, teniendo como límites sólo las Buenas Prácticas de Manufactura.

Durante el período comprendido entre 1963 y 1970, los aditivos colorantes fueron materia de estudio de un Comité Conjunto de Expertos de la FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), cuyo nombre en inglés es *Joint Expert Committee on Food Additives*, y su sigla es JECFA, quienes determinaron la IDA, Ingesta Diaria Admisible, cantidad de un aditivo alimentario, expresado en mg por kilo de peso corporal, que puede ser consumida en la dieta diariamente, durante toda la vida, sin que represente un riesgo para la salud. Estas cantidades fueron muy generosas y en la mayoría de los casos mucho mayores que la cantidad estimada de ingesta, el CUADRO 1, muestra estos valores.

A comienzos del año 1971 la FDA inició estudios en relación a los efectos reproductivos del colorante FD&C Rojo N°2. Ni el protocolo del estudio ni los resultados del mismo fueron publicados, sin embargo la FDA ha informado que presentó un cierto nivel de toxicidad en embriones de una especie de ratas. En espera de estudios más detallados, la FDA trató de reducir el uso de FD&C Rojo N°2. Para esto creó un 'Registro Federal', el cual requería que las personas interesadas en continuar con el uso del colorante entregaran datos sobre los usos propuestos en productos específicos; esta orden estableció la asignación de normas para el uso de FD&C Rojo N°2, las cuales serían publicadas en Diciembre de 1971.

En Septiembre de 1971, producto del 'Registro Federal', la FDA estableció que para permanecer en los listados provisionales más allá de Diciembre de 1971, los colorantes certificados, nueve en la categoría FD&C y dieciséis en D&C, debían contar con estudios toxicológicos en progreso.

**CUADRO 1. Valores de ingesta diaria admisible (IDA) establecidos por FAO/OMS en 1970.**

C olorante	IDA ( máxima )		Ingesta diaria estimada
	mg / kg	mg / 70 kg	mg / kg
FD&C Amarillo N°5 Tartrazina	7,5	525	16,3
FD&C Amarillo N°6 Amarillo crepúsculo	5,0	350	15,5
FD&C Rojo N°2	1,5	105	17,7
FD&C Rojo N°3 Eritrosina	1,25	87	1,9
FD&C Azul N°1 Azul Brillante	12,5	875	1,2
FD&C Azul N°2 Indigotina	2,5	175	0,3
FD&C Verde N°3 Verde F.C.F.	12,5	875	0,1

FUENTE: NOONAN (1980).

En Enero de 1972 se estableció una lista de colorantes FD&C, algunos con autorización permanente y otros provisional, lo que se observa en el CUADRO 2. La diferencia entre ambas listas era más bien teórica ya que todos los colorantes mencionados, estaban siendo objeto de estudios, excepto el FD&C Rojo N°40.

**CUADRO 2. Listado de colorantes artificiales con autorización provisional y permanente establecido por FDA en 1972.**

Colorantes con autorización provisional	Colorantes con autorización permanente
FD&C Rojo N°2	FD&C Amarillo N°5
FD&C Rojo N°3 (sólo para uso en marrasquino)	FD&C Rojo N°3
FD&C Amarillo N°6	FD&C Azul N°1
FD&C Azul N°2	FD&C Rojo N°40 (y su respectiva laca)
FD&C Violeta N°1	Naranja B (para colorear salchichas)
FD&C Verde N°3	Rojo Cítrico N°2 (para colorear la cáscara de naranjas)
Lacas de Colorantes FD&C (excepto FD&C Rojo N°40)	

FUENTE: NOONAN (1980).

Actualmente son catorce los colorantes artificiales autorizados por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002). Siete de ellos, cuentan con certificación FD&C y trece registran autorización de la Unión Europea, esto último se indica por la anteposición de la letra E al número asignado al colorante (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001). El CUADRO 3 muestra la

información general, nomenclatura y códigos internaciones de estos colorantes.

**2.3.1.2. Propiedades de los colorantes artificiales.** Los tintes están disponibles en varias presentaciones: polvo, granular, mezcla de colores, mezcla diluida, soluciones acuosas, soluciones no acuosas, pasta y "*plating colours*". El CUADRO 4 presenta las ventajas y desventajas de las distintas presentaciones de colorantes artificiales. Para elegir un colorante artificial se debe considerar la naturaleza del producto a colorear, las condiciones del proceso y el volumen de colorante a usar.

**2.3.2. Colorantes naturales.** Los colorantes naturales, según la FDA, "Aditivos Colorantes Exentos de Certificación o No Certificados", incluyen pigmentos derivados de fuentes naturales tales como vegetales, minerales o animales, y productos derivados de sustancias naturales (ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1993).

Actualmente, hay un fuerte interés por los colorantes de origen natural. Esto en parte debido a la necesidad de aumentar la gama de colores y en parte debido a que por el hecho de ser naturales, son seguros de consumir (SOUKUP y MAING, 1977).

Sin embargo, es importante mencionar que ya sea que se defina a un colorante como natural o sintético, esto no asegura su inocuidad. Ambos tipos de colorantes están sujetos a rigurosos procesos de análisis para determinar su seguridad antes de su aprobación para uso en alimentos (FDA, 1993).

**CUADRO 3. Listado de colorantes artificiales permitidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos. Nomenclatura y códigos internacionales.**

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

<b>Nombre Común (1)</b>	<b>Sinónimo (2)</b>	<b>Nombre en Inglés (3)</b>	<b>Color Index (4)</b>	<b>Nº FD&amp;C (5)</b>	<b>S.I.N (6)</b>	<b>Nº UE (7)</b>	<b>Clase (8)</b>
Amarillo Crepúsculo	Amarillo Ocaso Amarillo 6	Sunset Yellow	15985	Amarillo 6	110	E 110	Monoazo
Amarillo de Quinoleina		Quinoline Yellow	47005	-	104	E 104	Quinoftalona
Tartrazina	Amarillo 5	Tartrazine	19140	Amarillo 5	102	E 102	Monoazo
Azul Brillante	Azul 1	Brillant Blue FCF	42090	Azul 1	133	E 133	Triaril Metano
Azul Patente V		Patent Blue V	42051	-	131	E 131	Triaril Metano
Indigotina	Indigo Carmin	Indigotine Indigo Carmine	73015	Azul 2	132	E 132	Indigoide
Azorrubina	Carmoisina	Azorubin Carmine	14720	-	122	E 122	Monoazo
Ponceau 4R	Rojo de Cochinilla	Cochineal Red A	16255	-	124	E 124	Monoazo
Allura Red AC	Rojo 40	Allura Red AC	16035	Rojo 40	129	E 129	Monoazo
Café HT		Brown HT	20285	-	155	E 155	Biazo
Negro Brillante BN		Brillant Black BN	28440	-	151	E 151	Biazo
Beta Caroteno Sintético		Synthetic Carotenes	40800	-	160 a	E 160 a	Carotenoide
Verde F.C.F		Fast Green F.C.F	42053	Verde 3	143	-	Triaril Metano
Eritrosina		Erythrosine	45340	Rojo 3	127	E 127	Xantona

**FUENTE:**

(1) (2) Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002)

(3) (4) (6) (8) (FAO/WHO, 2001 b).

(5) ROHA, 2003 (cuando no se indica, es porque el colorante estudiado no cuenta con certificación FD&C)

(7) Numeración según Unión Europea. (EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL, 2004).

CUADRO 4. Ventajas y desventajas de las distintas presentaciones de colorantes artificiales.

Presentación	Pureza	Ventajas	Desventajas
Polvo (color primario)	88 – 93 %	* Fácil de disolver * Adecuado para mezclas secas	* Muy volátil
Granular (color primario)	88 – 93 %	* Menos volátil que el polvo * Mejor flujo	* Disolución más lenta que el polvo * No apropiado para mezclas secas
Mezcla seca	90 %	* No presenta aparición de colores individuales al disolver	* Más costosa que colorantes individuales
Solución acuosa	1 – 6 %	* Lista para usar * Fácil de manipular * Medidas precisas	* Más costosa que colorante seco
Mezcla diluida	22 – 85 %	* Permite medir cantidades mayores, para conseguir mejor exactitud al usar cantidades muy pequeñas de colorantes	* Más costoso que soluciones acuosas
Solución no acuosa	1 – 8 %	* Permite su uso en presencia de materia grasa	* Más costoso que soluciones acuosas
Pasta	4 – 10 %	* Puede ser usada en productos con un contenido de agua limitado	* Costoso
<i>Plating colors</i>	88 – 93%	* Mejora los colores en mezclas secas	* No está disponible en todos los colores primarios

FUENTE: NOONAN (1980).

colorantes están sujetos a rigurosos procesos de análisis para determinar su seguridad antes de su aprobación para uso en alimentos (ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1993).

Cuando se trata de extender el uso de estos colorantes a nuevos productos y condiciones, se presentan diversos problemas. Al compararlos con los colorantes sintéticos, los colorantes naturales manifiestan las siguientes desventajas:

- Son más caros, generalmente de 20 a 50 veces mayor costo, en una base de similar consumo.
- El color que se obtiene al usarlos, no es reproducible de un fabricante a otro.
- En ocasiones otorgan al producto sabores y/o aromas extraños, lo cual no es deseado.
- Preparados con menos niveles de pureza, requieren mayor cantidad para lograr la misma tonalidad de color.
- Son menos estables a la luz y al calor.

- Cuando son hidrosolubles, son también higroscópicos.
- Son de uso en productos específicos, a diferencia de los sintéticos que son de uso generalizado.
- En algunos casos son incompatibles con las condiciones del producto. (SOUKUP y MAING, 1977)

**2.3.2.1. Revisión de la legislación relativa a colorantes naturales.** Si se revisa la historia de los colorantes naturales, se encuentra que luego de la Enmienda de Aditivos Colorantes de 1960, aquellos colorantes que ya estaban en uso fueron listados provisionalmente. Desde entonces, muchos de esos colorantes y algunos nuevos han sido listados de manera permanente. El CUADRO 5 indica la lista permanente de colorantes naturales vigente a Marzo de 1972 (NOONAN, 1980).

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002), actualmente, en la categoría de Colorantes Naturales, autoriza el uso de diecinueve compuestos, los cuales se indican en el CUADRO 6.

## **2.4. Aspectos toxicológicos de los colorantes**

El criterio general para el uso de aditivos alimentarios, incluidos los colorantes, estipula que éstos sólo pueden ser autorizados si no representan riesgo alguno para la salud humana, según el nivel de utilización que se establece basándose en las pruebas científicas disponibles. A nivel internacional existe el Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimentarios (*Joint Expert Committee on Food Additives, JECFA*), el cual trabaja bajo el auspicio de la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Sus evaluaciones se basan en la revisión de toda la información toxicológica disponible, incluyendo las pruebas efectuadas en animales y humanos. Entre las pruebas toxicológicas exigidas, están los estudios que se basan en la observación de la alimentación durante todo el ciclo de vida, y los estudios multigeneracionales. Al analizar los datos de que se dispone, se determina un nivel dietético máximo del aditivo, que no tenga efectos tóxicos demostrables, el cual se expresa en mg de aditivo al día por kilogramo de peso corporal (mg/kg peso corporal-día). Este valor es el llamado 'nivel sin efecto adverso observado' (*'no-observed-adverse-effect-level', NOAEL*) y se emplea como punto de partida para determinar la cantidad de 'ingesta diaria admisible' (IDA) para cada aditivo (EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL, 2004).

**CUADRO 5. Listado permanente de colorantes naturales, según FDA, vigente a Marzo de 1972.**



<b>Color</b>	<b>Limitaciones de Uso</b>
Extracto de alga, seco	En alimentación de pollos, para realzar el color amarillo de la piel y huevos
Annato	BPM*
B-apo-8'-carotenal	Hasta 15 mg/lb
Extracto de Betarraga, deshidratado	BPM*
Cantaxantina	Hasta 30 mg/lb
Caramelo	BPM*
B-caroteno	BPM*
Aceite de Zanahoria	BPM*
Carmin de Cochinilla	BPM*
Aceite de endospermo de maíz	En alimentación de pollos, para realzar el color amarillo de la piel y huevos
Harina de algodón, parcialmente desgrasada, tostada	BPM*
Gluconato Ferroso	Para colorear aceitunas maduras
Jugos de fruta	BPM*
Extracto de piel de uva	Para bebidas
Oxido Ferroso	En alimentos para mascotas, hasta 0.25% de peso del alimento
Paprika	BPM*
Resina de Paprika	BPM*
Rivoflavina	BPM*
Azafrán	BPM*
Extracto de tajetes (margarita azteca)	En alimentación de pollos, para realzar el color amarillo de la piel y huevos
Dióxido de titanio	Hasta 1% del peso del alimento
Cúrcuma	BPM*
Resina de Cúrcuma	BPM*
Azul ultramarino	En alimentos salados para mascotas, hasta 0.5% de peso de sal
Jugos de vegetales	BPM*

\* BPM: Buenas Prácticas de Manufactura

FUENTE: Food Colors. National Academy of Sciences. Washington DC, 1971 citado por NOONAN (1980).

**CUADRO 6. Listado de colorantes naturales permitidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos. Nomenclatura y códigos internacionales.**

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

Nombre Común (1)	Sinónimo (2)	Nombre en Inglés (3)	Color Index (4)	S.I.N (5)	Nº UE (6)	C
Annato	Achiote, Rocú, o Bija (Bixina y Norbixina)	Annatto Extracts	75120	160 b	E 160 b	C
Antocianos		Anthocyanins	-	163 (i)	E 163	
Apocarotenal Carotenal	Beta-apo-8'	Beta-apo-8'-carotenal	40820	160 e	E 160 e	C
Astaxantina	3,3'-dihidroxi-beta-carotenol	Astaxantina	40850	160	E 160	X
Betaína	Rojo de Betarraga	Beet Red	-	162	E 162	-
Cantaxantina	Beta-caroteno-4,4'-diona	Canthaxantin	40850	161 g	E 161 g	X
Carmín de Cochinilla	Acido Carmínico	Carmines	75470	120	E 120	A
Caramelo		Caramel colours	-	150	E 150	-
Carbón Vegetal		Vegetable Carbon		153	E 153	-
Carotenos alfa, beta y gama		Carotenes (natural)	75130	160 a (ii)	E 160 a	C
Clorofila		Chlorophylls	75810	140	E 140	F
Clorofila y sus sales de cobre		Chlorophylls, copper complexes	75810	141	E 141	F
Cúrcuma	Curcumina	Curcumin	75300	100 (i)	E 100 (i)	
Ester etílico del ácido beta-apo-8' carotenoico		Beta-apo-8' carotenoid acid ethyl ester	40825	160 f	E 160 f	C
Dióxido de titanio		Titanium Dioxide	77891	171	E 171	M
Oleo Resinas del Pimentón	Capsantina	Páprika Oleoresin		160 c	E 160 c	C
Riboflavina		Riboflavin		101 i	E 101 (i)	Is
Aluminio (polvo)		Aluminium Powder	77000	173	E 173	M
Luteína		Lutein		161 b	E 161 b	C

**FUENTE**

(1) (2) Reglamento Sanitario de los Alimentos. (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002)

(4) (5) (7) (FAO/WHO, 2001 b).

(6) Numeración según Unión Europea. (EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL, 2004).

**2.4.1. Ingesta diaria admisible.** (IDA). La IDA, es la cantidad de un aditivo alimentario, expresado en mg por kilo de peso corporal, que puede ser consumida en la dieta diariamente, durante toda la vida, sin que represente un riesgo para la salud (CHILE. INSTITUTO DE NUTRICION Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS. INTA, 2004). Se calcula a partir del NOAEL, que se divide por un factor de seguridad, generalmente 100, el cual ha sido establecido por la Organización Mundial de la Salud (EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL, 2004).

Las razones para establecer este margen de seguridad son principalmente dos. Primero el valor de NOAEL se determina en animales y no en humanos, por lo que se

deben reflejar las diferencias entre los animales y la mayoría de los humanos, esto es, suponer que el hombre es más sensible que el más sensible de los animales sometidos a prueba, para esto se utiliza un factor de 10. Luego se deben establecer las diferencias entre la mayoría de los humanos y los grupos sensibles (mujeres embarazadas, niños, ancianos), aplicando 10 como factor nuevamente.

Para controlar la ingesta de aditivos, la IDA se compara con las estimaciones de consumo media y extrema de la población o de un determinado subgrupo. Si la ingesta media y extrema, estimada de los consumidores, está dentro de los límites de la IDA, es poco probable que el aditivo tenga algún efecto nocivo en la salud de las personas. Si, por el contrario el valor determinado de ingesta media sobrepasa la IDA, se considera necesario reducir los niveles permitidos del aditivo en los alimentos o limitar la gama de alimentos en los que se permite su uso (EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL, 2004).

**2.4.2. Toxicidad crónica.** Los ensayos toxicológicos que se deben realizar para demostrar que un aditivo es seguro, son en general costosos y toman un tiempo demasiado largo. Por esto la realización de estos ensayos se lleva a cabo en varias especies de animales, roedores (ratas y ratones) y no roedores (pollos, cerdos y perros); el pequeño tamaño y el menor tiempo de vida de estos animales, hace que los ensayos tomen menos tiempo, por lo que los resultados se obtienen más rápido y a un menor costo, además de disminuir los conflictos éticos de efectuar estas pruebas en humanos (HUGHES, 1994).

Es necesario estudiar con detalle si la sustancia es: cancerígena, es decir, produce o no transformación de las células y crecimiento anormal y descontrolado (RAE, Diccionario de la Lengua Española, 2003); para esto se suministra el aditivo a animales durante la mitad de su vida y luego se estudia si hay o no presencia de tumores.

También se considera la teratogenicidad de los aditivos, esto tiene que ver con los efectos que pueda producir una sustancia en el desarrollo del feto (anormalidades, deformaciones). En este tipo de ensayos la sustancia en estudio se administra al menos durante tres generaciones seguidas (NOONAN, 1980).

Otro aspecto que es objeto de estudio es la mutagénesis, se estudia si una sustancia es capaz de producir la mutación en los óvulos o espermatozoides, para esto se suministra el aditivo a animales machos, que se aparean con hembras que nunca lo han recibido, para luego realizar un estudio de la descendencia (HUGHES, 1994).

También se realizan estudios de mutagenicidad en *Salmonella* y otras bacterias, a través de la aplicación del Test de Ames (*Salmonella/mammalian-microsome mutagenicity test*). Este test fue desarrollado y publicado en 1971 por Bruce N. Ames. Se basa en el uso de cepas bacterianas para detectar in vitro mutaciones (cambios heredables) en el ADN. Al poco tiempo de aplicación se descubrió una alta correlación entre la incidencia de cáncer y los resultados positivos de este test; constituyéndose así en la herramienta más importante para la detección de riesgos de cáncer. Actualmente, los grandes mercados internacionales, tales como Estados Unidos, Japón, Canadá y la Comunidad Económica Europea exigen para el registro, certificación, implementación y/o licencia de productos, el test de Ames para garantizar la inocuidad y la inexistencia de

riesgo de cáncer inducido por productos alimenticios o farmacéuticos (CHILE. COMISION NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONICYT). Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), 1997).

**2.4.3. Toxicidad aguda.** Es necesario determinar también la toxicidad aguda de los colorantes, para ayudar a decidir los niveles a los que se puede considerar seguro. Las pruebas para determinar la toxicidad aguda implican establecer la Dosis Letal 50 o Dosis Letal mediana,  $DL_{50}$ , que se define como la cantidad de un compuesto químico que al ser administrada, en una dosis única a organismos de prueba, se considera fatal para el 50% de ellos, este valor debe obtenerse bajo métodos estadísticos y en las condiciones establecidas en la prueba y por cualquier ruta distinta de la inhalación. Normalmente se expresa como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal (mg/kg) (ESPAÑA. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, 1998 ; ESTADOS UNIDOS. ZARC INTERNATIONAL, 1999).

A pesar de los ensayos que se realizan con todos los aditivos, incluidos los colorantes, no es posible asegurar la inocuidad de ellos a las concentraciones habituales de uso, sólo se puede demostrar que un aditivo tiene efectos perjudiciales a una dosis particular ( $DL_{50}$ ). La falta de evidencia de efectos tóxicos es lo único que apoya la teoría de que una sustancia es segura (HUGHES, 1994), por esto todos los aditivos son regularmente objeto de investigación y según los resultados de éstas son aprobados o rechazados para consumo humano y se establecen sus dosis de Ingesta Diaria Admisible (IDA) y Dosis Letal Media ( $DL_{50}$ ).

## 3. MATERIAL Y METODO

### 3.1. Materiales

Para este trabajo se consultaron, principalmente, documentos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y del Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), formado por especialistas de FAO y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Entre los documentos internacionales consultados está el Codex Alimentarius, los resúmenes del Comité Conjunto y las monografías relativas a toxicidad disponibles para cada uno de los colorantes. Todos ellos disponibles en línea a partir del sitio oficial de FAO.

De igual importancia fue la consulta del Reglamento Sanitario de los Alimentos, documento que rige todos los procesos involucrados en la fabricación de alimentos en nuestro país.

Fueron consultados libros y revistas, disponibles en la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Chile, los cuales aportaron la información histórica sobre los colorantes y estudios de estabilidad, respectivamente.

Durante la búsqueda de material, también se encontró información relativa a colorantes en publicaciones en línea correspondientes a organismos gubernamentales y particulares, los cuales se encuentran debidamente citados en la bibliografía.

## **3.2. Método**

La primera etapa en la realización de este trabajo fue la determinación acerca de que tipo de información se utilizaría. Una vez establecido el tipo de información, se procedió a recopilar el material necesario a partir de los documentos ya mencionados en el punto 3.1.

A continuación se realizó el análisis y selección de la información, para posteriormente redactar, de manera ordenada y lógica, según la estructura de la tesis, los contenidos que en ésta se presentan.

## 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.1. Colorantes artificiales

Dentro de la clasificación de colorantes sintéticos se encuentran varios tipos de compuestos, para conocer mejor cada uno de ellos, a continuación se presenta un resumen con las características de los colorantes sintéticos permitidos para uso en alimentos según el Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002).

**4.1.1. Amarillo crepúsculo (S.I.N. 110):** también llamado amarillo ocaso o FD&C amarillo 6, confiere a los alimentos un color amarillo oscuro (tipo yema de huevo) o anaranjado. Pertenece al grupo de los colorantes azoicos, es del tipo monoazo, consiste principalmente de 2-hidroxi-1-(4-sulfonato fenilazo)-naftaleno-6-sulfonato disódico (FIGURA 1) junto con cloruro y/o sulfato de sodio como los principales compuestos no coloreados. Se obtiene por síntesis química y se presenta en forma de polvo o gránulos de color rojo anaranjado. Es soluble en agua (FAO/WHO, 1992 t) y glicerina e insoluble en etanol (ROHA, 2003).

La estabilidad de este colorante es buena, manteniendo sus características al exponerse a altas temperaturas, a la luz y a distintas condiciones de pH, se comporta bien a pH entre 3,0 y 8,0 (SECCO, 1994 ; ROHA, 2003).

El Reglamento Sanitario establece que debe aparecer bajo rotulación destacada, debido a su potencial toxicidad (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002). Se usa ampliamente en refrescos de naranja, helados, caramelos, postres.

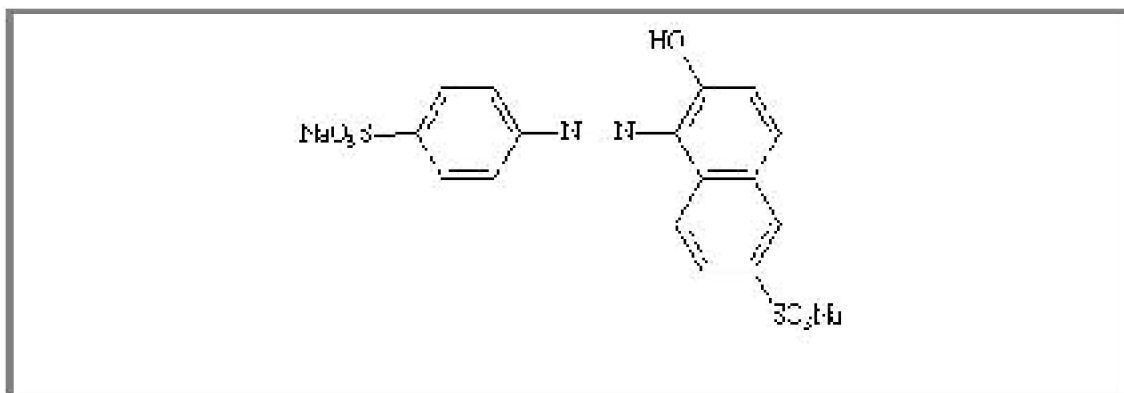


FIGURA 1. Estructura de amarillo crepúsculo.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 t).

**4.1.2. Amarillo de quinoleína (S.I.N 104):** se define químicamente como una quinoftalona y se prepara sulfonando 2-(2-quinolil)indano-1,3-diona (FIGURA 2), o una mezcla que contenga alrededor de dos tercios de 2-(2-quinolil)-1,3-indianodiona y un tercio de 2-[2-6-metil-quinolil]1,3 -indianodiona. Consiste esencialmente de sales de sodio de una mezcla de disulfonatos además de monosulfonatos y trisulfonatos de las sustancias antes mencionadas, usando cloruro y/o sulfato de sodio como el principal componente no coloreado (FAO/WHO, 1992 r).

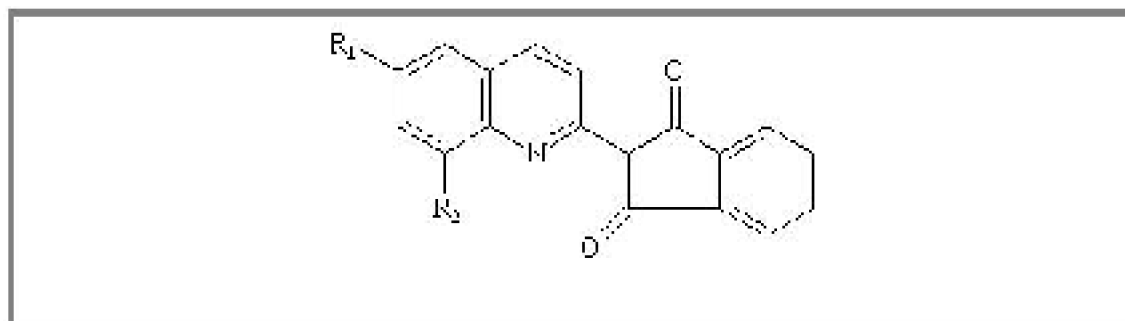


FIGURA 2. Estructura de amarillo de quinoleína.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 r).

Se presenta como polvo o gránulos de color amarillo, es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 r ; ROHA, 2003).

Este colorante se presenta estable en el rango de pH de 3,0 a 8,0, también se comporta bien al ser expuesto al calor y a la luz, sólo frente a álcalis su estabilidad se ve ligeramente disminuida (ROHA, 2003).

Presenta diversos usos, en bebidas refrescantes de color 'naranja', bebidas alcohólicas, productos de repostería, conservas vegetales, derivados cárnicos, helados, entre otros. Aunque no existen datos que comprueben eventuales efectos nocivos, su uso no está autorizado como aditivo en Estados Unidos, Canadá y Japón (CHILE.



INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.1.3. Tartrazina (S.I.N. 102):** se le conoce también como FD&C amarillo 5. El Reglamento Sanitario indica que debe rotularse de manera destacada, por su potencial toxicidad. Pertenece al grupo de los colorantes azoicos, del tipo monoazo (pirazolona), consiste esencialmente de 5-hidroxi-1- (4 -sulfonatofenil)-4 -(4- sulfonato fenilazo)-H-pirazol-3- carboxilato trisódico (FIGURA 3), en presencia de cloruro y/o sulfato de sodio como el principal componente no coloreado. Se presenta en forma de polvo o gránulos de color naranja claro, es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 u ; ROHA, 2003).

La estabilidad de este colorante es muy buena, ya que no se ve afectado al ser expuesto al calor, a la luz, a ácidos y a álcalis (SECCO, 1994 ; ROHA, 2003).

Su uso está autorizado, en más de 60 países, entre los que se incluye la Comunidad Económica Europea y Estados Unidos. Es ampliamente usado en productos de repostería, galletas, caramelos, helados, cereales, sopas y en bebidas refrescantes a los cuales confiere el color amarillo brillante de limón o piña (CHLE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

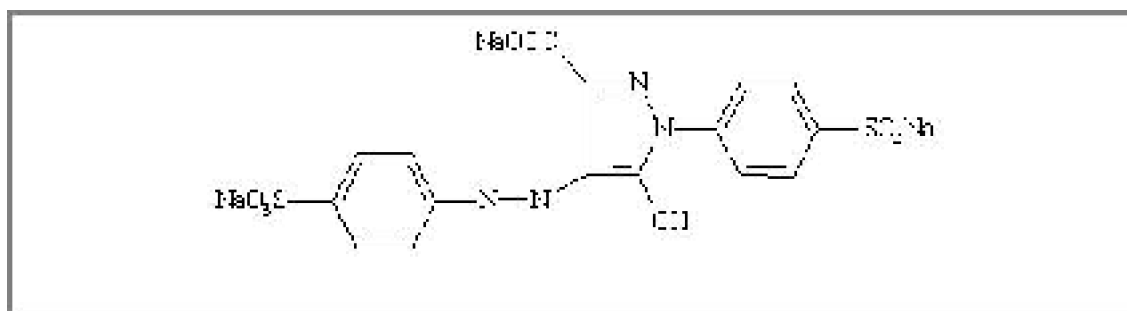


FIGURA 3. Estructura de tartrazina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 u).

**4.1.4. Azul brillante (S.I.N. 133):** o FD&C Azul 1. Dentro de los colorantes artificiales, pertenece a la clasificación de triarilmetano, se compone esencialmente de  $\square$ -(4-(N-etil-3-sulfonato-bencilamino)-fenil)- $\square$ -(4-N-etil-3-sulfonato bencil amino)-ciclohexa-2,5-dienilideno)-tolueno-2-sulfonato disódico (FIGURA 4) y sus isómeros, usando cloruro y/o sulfato de sodio como principales componentes no coloreados. Se puede encontrar en forma de polvo o gránulos de color azul rojizo, es soluble en agua y escasamente soluble en etanol (1,5 g/L solvente) (FAO/WHO, 1992 h ; ROHA, 2003).

En general presenta buena estabilidad frente a diversas condiciones como calor, luz, ácidos y álcalis, pero a pH entre 7,0 y 8,0 se registra una leve decoloración, la cual aumenta al disminuir el pH a 3,0 (ROHA, 2003).

Se usa para dar tonalidad morada a productos con sabor a mora en combinación con colorantes rojos, por ejemplo en confites, helados, yogur y mermeladas y para algunos productos de color azul, en su forma de laca (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

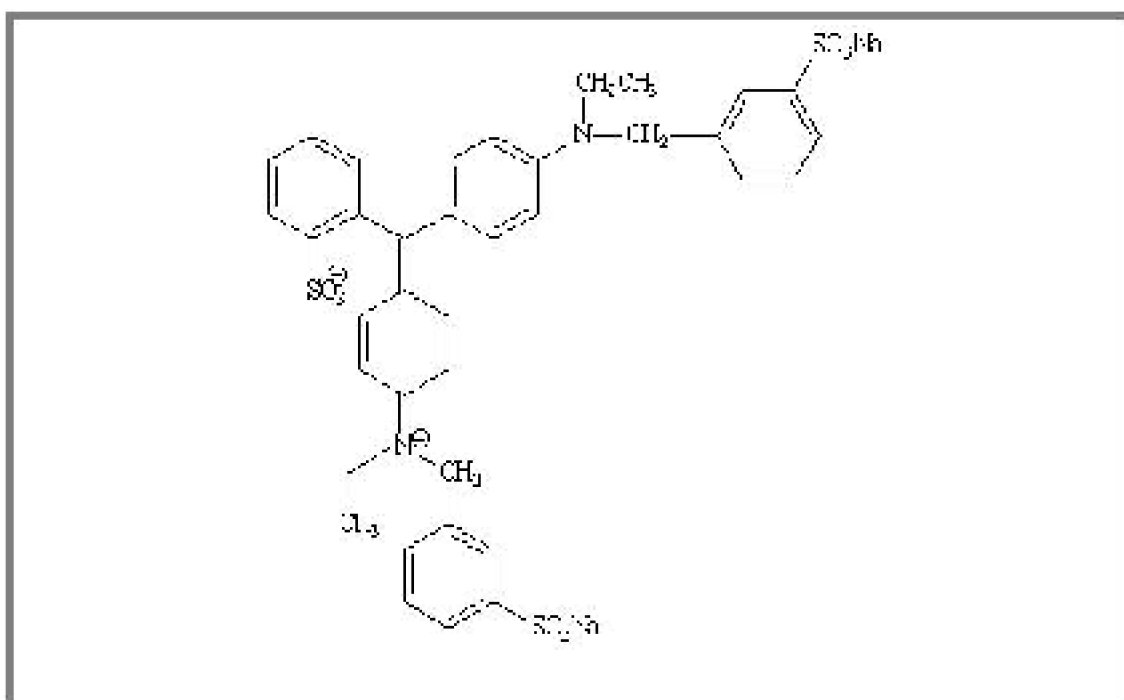
**4.1.5. Azul patente V (S.I.N. 131):** al igual que el Azul Brillante, pertenece a la clase

del triarilmetano, consistiendo principalmente de las sales de calcio o sodio de 2-[(4-dietilaminofenil)(4-dietilamino-2,5-ciclohexadieno-1-ilideno)metil]-4-hidroxi-1,5-bencenodisulfonato (FIGURA 5) en presencia de cloruro y/o sulfato de sodio y cloruro y/o sulfato de calcio como los principales compuestos no coloreados.

Se presenta en forma de polvo o gránulos de color azul oscuro, es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 p ; ROHA, 2003).

Este colorante presenta una buena estabilidad frente a la luz y al calor, pero a distintos valores de pH (entre 3,0 y 8,0), se registra una apreciable decoloración (ROHA, 2003).

Se utiliza para conseguir tonos verdes combinado con colorantes amarillos como Tartrazina y Amarillo de quinoleína, en productos como conservas vegetales, caramelos y bebidas (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).



*FIGURA 4. Estructura de azul brillante.*

FUENTE: FAO/WHO, (1992 h).

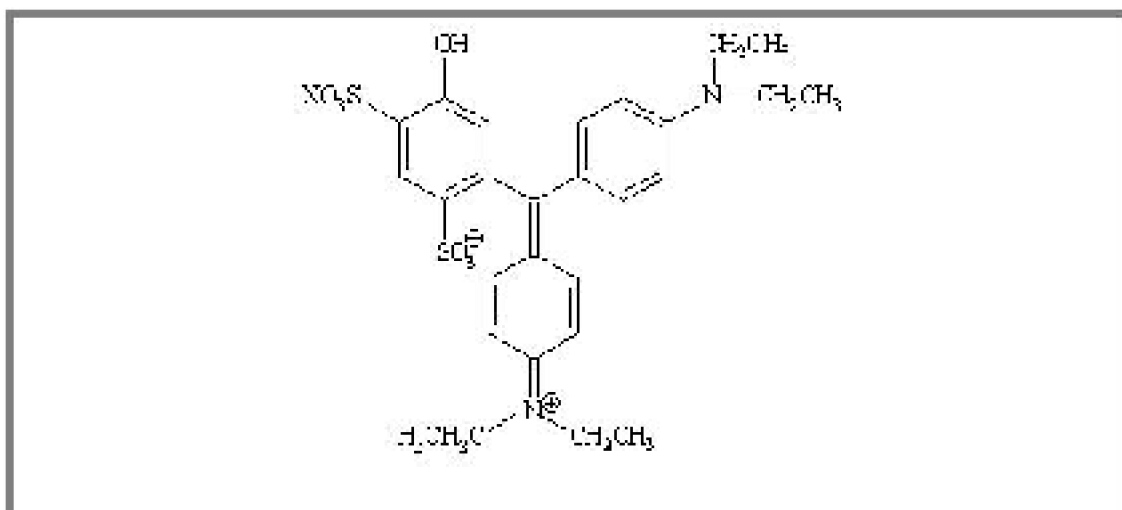


FIGURA 5. Estructura de azul patente V.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 p).

**4.1.6. Indigotina (S.I.N. 132):** también llamado Indigo Carmín o FD&C Azul 2, este colorante consiste de una mezcla de 3,3'-dioxo-2,2'-bi-indolilideno-5,5'-disulfonato disódico (FIGURA 6) y una cantidad no mayor al 18% de 3,3'-dioxo-2,2'-biindolilideno-5,7'-disulfonato disódico, utilizando sulfato y/o cloruro de sodio como el principal compuesto no coloreado. Se clasifica como indigoide, su presentación es en forma de polvo o gránulos de color azul oscuro, es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 n ; ROHA, 2003).

La estabilidad de este colorante es muy precaria, ya que resulta muy afectado al exponerse a altas temperaturas, a la luz y a condiciones de pH sobre 7,0; decolorando totalmente a pH sobre 8,0 (ROHA, 2003).

Este colorante se utiliza prácticamente en todo el mundo, encontrando sus principales aplicaciones en helados, caramelos y confites (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

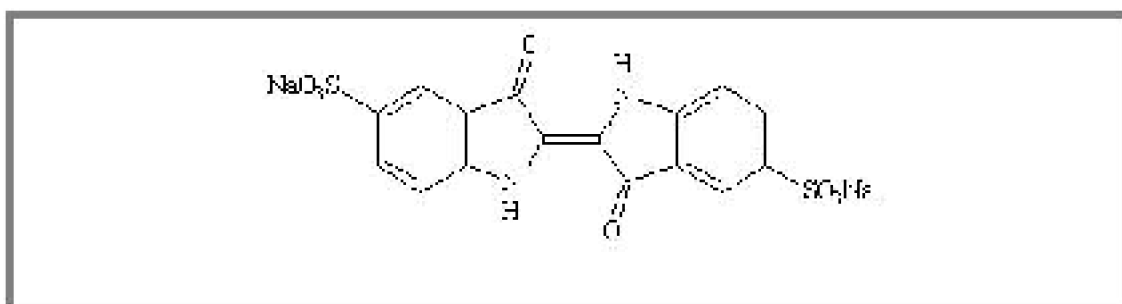


FIGURA 6. Estructura de indigotina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 n).

**4.1.7. Azorrubina (S.I.N. 122):** conocido también como carmoisina, forma parte del grupo de los colorantes azoicos, en la categoría monoazo. Consiste esencialmente de 4-hidroxi-3-(4-sulfonato-1-naftilazo)-1-naftaleno sulfonato disódico (FIGURA 7) en presencia de sulfato y/o cloruro de sodio como el principal compuesto no coloreado. La

presentación de este colorante es en polvo o gránulos de color rojo a castaño. Es soluble en agua y en glicerina e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 b ; ROHA, 2003).

La azorrubina es estable a valores de pH que van desde 3,0 a 8,0, y resiste sin problemas la exposición a la luz; al someterse a condiciones de horneado pierde levemente su estabilidad (ROHA, 2003).

Este colorante se usa para conseguir el color a frambuesa en caramelos, postres, helados y refrescos entre otros. Su uso no está autorizado en Estados Unidos y Japón (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.1.8. Ponceau 4R (S.I.N. 124):** llamado también Rojo de Cochinilla, pero sólo con el color como una semejanza, con el Carmín de Cochinilla (S.I.N. 120). Pertenece al grupo de los colorantes azoicos, del tipo monoazo, consiste esencialmente de 2-hidroxi-1-(4-sulfonato-1-naftilazo)-6,8-naftaleno disulfonato trisódico (FIGURA 8), utilizando sulfato y/o cloruro de sodio como el principal compuesto no coloreado. Se presenta en forma de polvo o gránulos de color rojo. Es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 q ; ROHA, 2003).

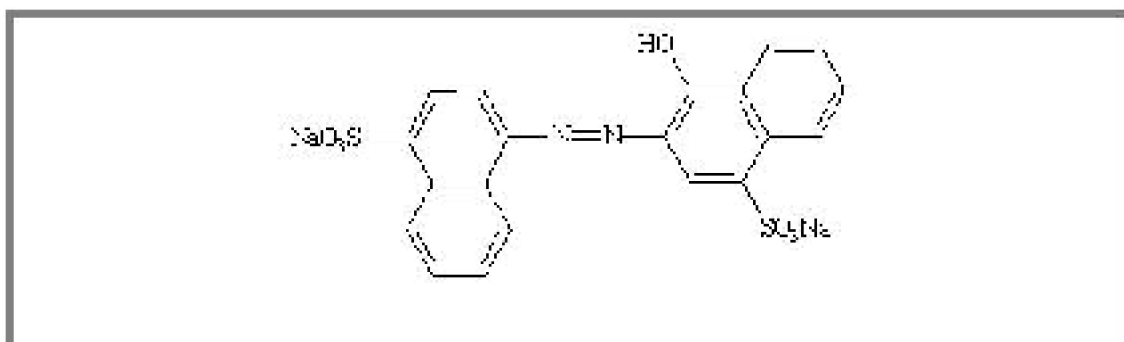


FIGURA 7. Estructura de azorrubina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 b).

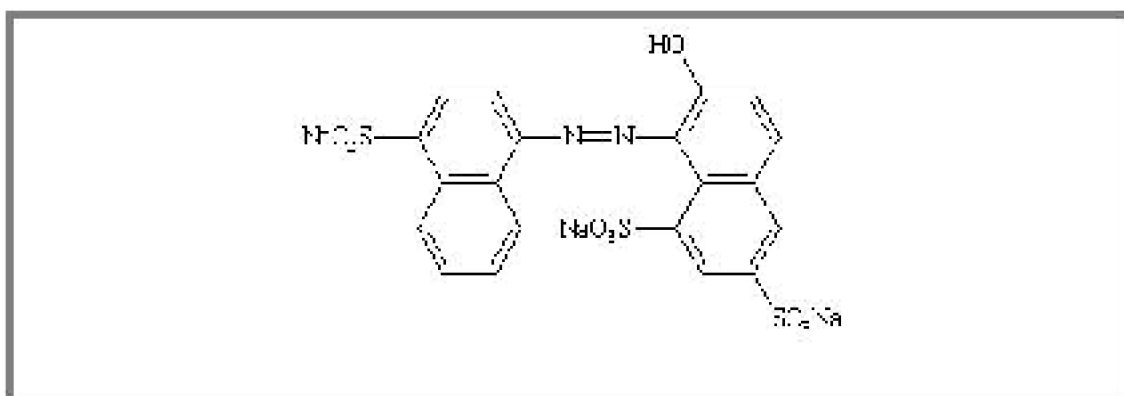


FIGURA 8. Estructura de ponceau 4R.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 q).

La estabilidad de este colorante es buena, mantiene sus características al exponerse a altas temperaturas, luz y ambientes ácidos, pero en presencia de álcalis resulta medianamente afectado (ROHA, 2003).

Se utiliza para dar color a fresa a caramelos, productos de pastelería y helados, también para sucedáneos de caviar y algunos derivados cárnicos. En Estados Unidos no se utiliza como colorante desde 1976 (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.1.9. Allura red A.C. (S.I.N. 129):** o FD&C Rojo 40, consiste esencialmente de 6-hidroxi-5-(2-metoxi-5-metil-4-sulfonato-fenilazo)-2-naftaleno sulfonato disódico (FIGURA 9) en presencia de sulfato y/o cloruro de sodio como el principal compuesto no coloreado. Clasifica en el grupo de los colorantes azoicos, del tipo monoazo. Su presentación comercial es en polvo o gránulos de color rojo oscuro. Es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 a).

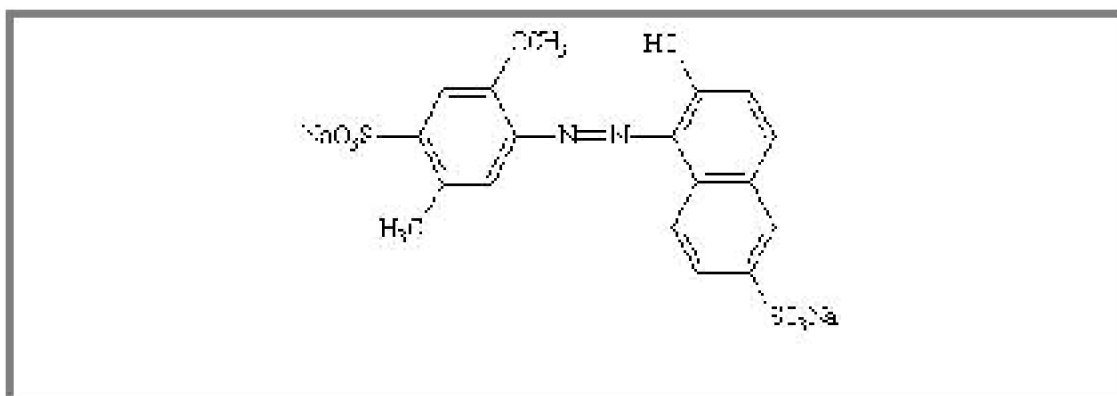


FIGURA 9. Estructura de allura red AC.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 a).

La estabilidad de este colorante es buena, no resultando afectado al someterse a altas temperaturas, exposición a la luz y distintas condiciones de pH, desde 3,0 a 8,0 (ROHA, 2003).

Presenta importantes usos en bebidas de fantasía, helados, postres, caramelos y en algunos productos cárnicos.

**4.1.10. Café HT (S.I.N. 155):** llamado también Café Chocolate HT, pertenece al grupo de los colorantes azoicos, del tipo bisazo. Consiste esencialmente de 4,4'-(2,4-dihidroxi-5-hidroximetil-1,3-fenileno bisazo)-di(naftaleno-1-sulfonato) disódico (FIGURA 10) en presencia de sulfato y/o cloruro de sodio como el principal compuesto no coloreado. En forma comercial se presenta como polvo o gránulos de color marrón rojizo, es soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 i).

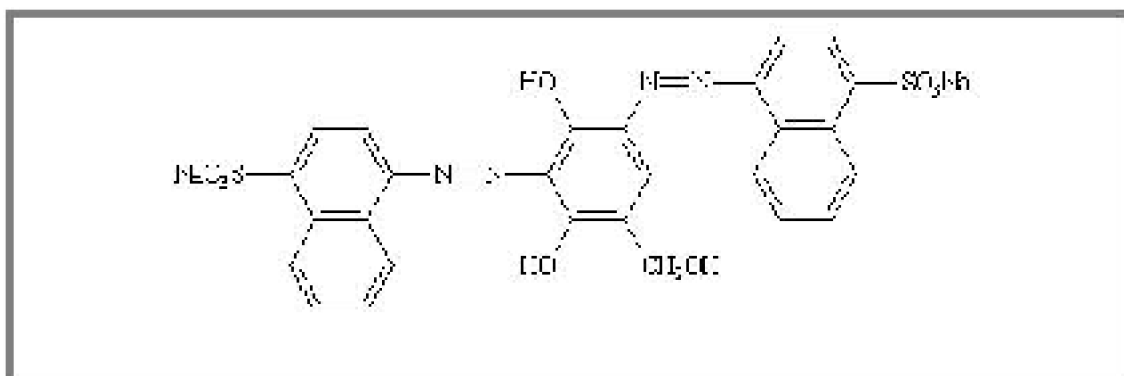


FIGURA 10. Estructura de café HT.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 i).

La estabilidad de este colorante es buena, ya que resiste sin alteraciones, la exposición a la luz, al calor, a ácidos y a álcalis (ROHA,2003).

Por la tonalidad que entrega, su principal aplicación es en mezclas listas para hornear, con sabor a chocolate (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.1.11. Negro brillante BN (S.I.N. 151):** forma parte del grupo de colorantes azoicos, del tipo bisazo, se compone de 4-acetoamido-5-hidroxi-6-[7-sulfonato-4-(4-sulfonato fenilazo)-1-naftilazo]-1,7-naftaleno disulfonato tetrasódico (FIGURA 11) en presencia de sulfato y/o cloruro de sodio como el principal compuesto no coloreado. Su presentación comercial es en polvo o gránulos de color negro, soluble en agua e insoluble en etanol (FAO/WHO, 1992 g ; ROHA, 2003).

Este colorante es estable en amplios rangos de pH que van desde 3,0 a 8,0, y frente a la exposición a la luz. Al someterlo a temperaturas de horneado, sobre los 250°C, presenta moderada decoloración (ROHA, 2003).

Encuentra su principal aplicación para colorear sucedáneos de caviar, también registra otros usos como salsas de color oscuro y algunos caramelos de color negro. Su uso no está permitido en Estados Unidos, Canadá y Japón (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

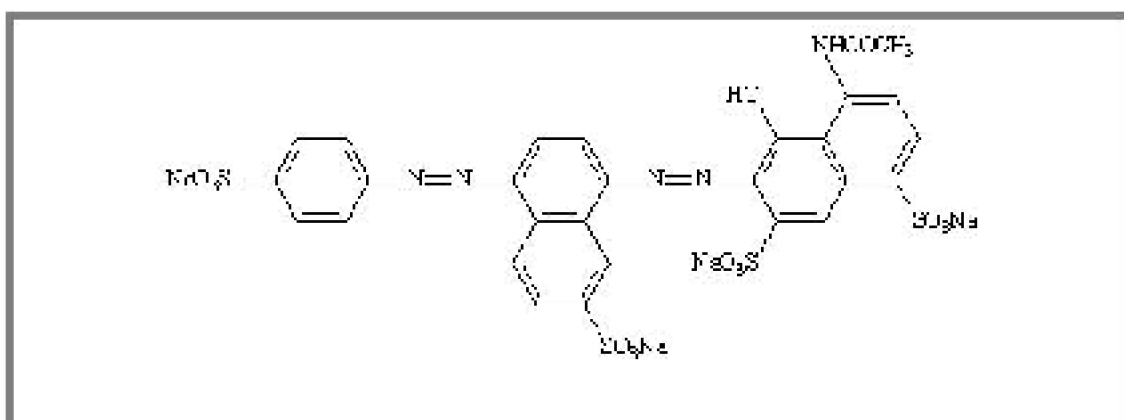


FIGURA 11. Estructura de negro brillante BN.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 g).

**4.1.12. Beta caroteno sintético (S.I.N. 160 a):** se obtiene en forma sintética a partir de *Blakeslea trispora*, pertenece a la categoría de los carotenoides, siendo similar al compuesto obtenido a partir de fuentes vegetales. Se compone de  $\beta$ -caroteno y  $\beta,\beta$ -caroteno (FIGURA 12).

Las especificaciones son aplicables a todos los isómeros trans (Z) de  $\beta$ -caroteno junto a menores cantidades de otros carotenoides. A partir de  $\beta$ -caroteno que cumpla con estas especificaciones, se preparan soluciones diluidas y suspensiones de  $\beta$ -caroteno en grasas o aceites comestibles, emulsiones y polvo dispersable en agua; estas preparaciones pueden tener diferentes proporciones de isómeros cis/trans (FAO/WHO, 1992 e).

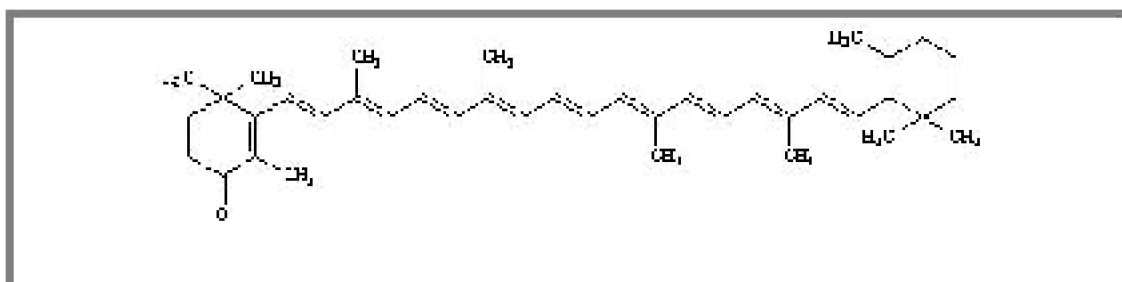


FIGURA 12. Estructura de beta caroteno sintético.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 e).

Se presenta en forma de cristales o polvo cristalino de color rojo a marrón rojizo, en esta presentación es sensible al oxígeno y a la luz, por esto debe ser almacenado en envases resistentes a la luz y bajo gas inerte. Es insoluble en agua, prácticamente insoluble en etanol, moderadamente soluble en aceites vegetales y soluble en cloroformo (FAO/WHO, 1992 e).

Sus principales usos son similares a los del  $\beta$ -caroteno natural, en bebidas de fantasía, para colorear margarinas y aceites.

**4.1.13. Verde F.C.F. (S.I.N. 143):** también llamado FD&C Verde 3, consiste esencialmente de 3-[N-etil-N-[4-[[4-[N-etil-N-(3-sulfonato bencil)amino]fenil](4-hidroxi-2-sulfonato fenil)metileno]-2,5-ciclohexadieno-1-ilidieno]amonio metil]benceno sulfonato disódico (FIGURA 13) y sus isómeros, en presencia de sulfato y/o cloruro de sodio como los principales compuestos no coloreados. Pertenece a la clase de triarilmetano (FAO/WHO, 1992 I).

Se presenta en forma de polvo o cristal rojo a café violáceo, es soluble en agua, glicerina y propilen glicol y en etanol, sólo presenta trazas de solubilidad (FAO/WHO, 1992 I ; ROHA, 2003).

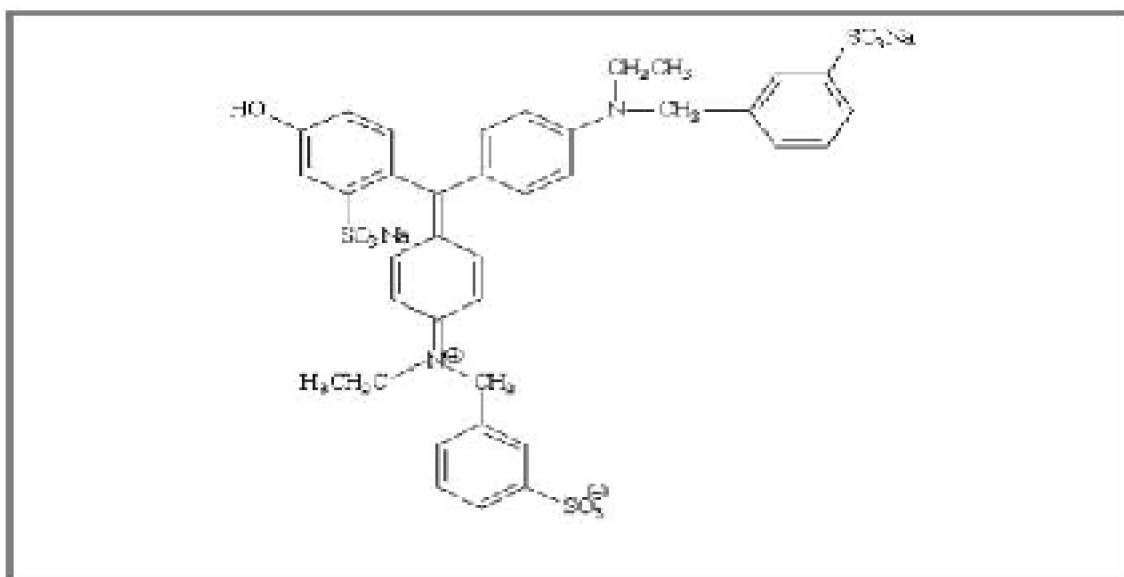


FIGURA 13. Estructura de verde F.C.F.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 I).

La estabilidad de este colorante es regular, ya que a pH entre 3,0 y 8,0, presenta decoloración, tampoco es estable frente a la luz ni al calor (ROHA, 2003).

**4.1.14. Eritrosina (S.I.N. 127):** según su código FD&C Rojo 3, consiste esencialmente de la sal disódica monohidratada de 9-(O-carboxifenil)-6-hidroxi-2,4,5,7-tetrayodo-3-isoxantona (FIGURA 14), en presencia de sulfato y/o cloruro de sodio como los principales compuestos no coloreados (FAO/WHO, 1993).

Dentro de los colorantes artificiales, pertenece a la clase xantona. Una característica específica de la Eritrosina es que incluye en su molécula 4 átomos de yodo, por lo que este elemento representa más de la mitad de su peso total. El principal riesgo sanitario al utilizar este colorante es su acción sobre el tiroides, debido particularmente a su alto contenido de yodo. Considerando que en su forma original se absorbe muy poco, no se conoce bien hasta que punto el metabolismo de las bacterias intestinales es capaz de producir su descomposición, lo que originaría compuestos más sencillos o yodo libre, que sería fácilmente absorbido (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001). El Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002), autoriza su uso sólo en cerezas, macedonia de frutas y cerezas marrasquino.



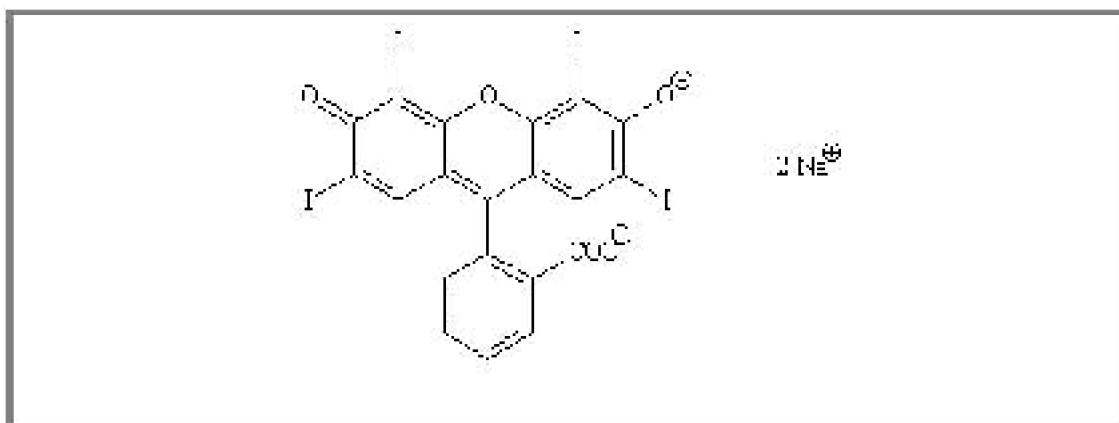


FIGURA 14. Estructura de eritrosina.

FUENTE: FAO/WHO, (1993).

Comercialmente se le encuentra como polvo o gránulos de color rojo, es soluble en agua y en etanol (FAO/WHO, 1993).

La estabilidad de la eritrosina es muy escasa en condiciones de acidez, a pH 3,0 precipita completamente, al exponerse a temperaturas altas y a la luz, no se observa decoloración (SECCO, 1994).

## 4.2. Colorantes naturales

Dentro de esta clasificación de colorantes naturales se pueden encontrar varios tipos de compuestos. Para conocer mejor cada uno de ellos, a continuación se presenta un resumen con las características de los colorantes naturales permitidos para uso en alimentos según el Reglamento Sanitario de los Alimentos.

**4.2.1. Annato (S.I.N. 160 b):** este colorante se obtiene de las semillas del árbol *Bixa orellana L.*, el cual crece abundantemente en el trópico. La cobertura externa de las semillas contiene material colorante el cual se obtiene por extracción con alcali o con aceite. Pertenece a la familia de los carotenoides.

Según el tipo de extracción usado, se generan dos tipos de Annato:

- **Bixina, annato extraído con aceite:** consiste en una solución, suspensión o emulsión de color rojo a marrón rojizo, insoluble en agua, moderadamente soluble en etanol y soluble en grasas, que se prepara utilizando aceite vegetal comestible en el proceso de extracción. Este extracto contiene varios componentes coloreados, siendo el principal bixina (FIGURA 15), también puede haber presencia de productos de degradación de la misma como resultado del proceso de extracción (FAO/WHO, 1996).

- **Norbixina, annato extraído con alcali:** este puede ser polvo, líquido o pasta de color marrón rojizo, soluble en agua, moderadamente soluble en etanol e insoluble en grasas, el cual se prepara extrayendo el material colorante con una solución alcalina, que puede ser hidróxido de sodio o potasio. El principal componente coloreado es norbixina

(FIGURA 16), producto formado en la hidrólisis de bixina, en su forma de sal sódica o potásica (FAO/WHO,1996) .

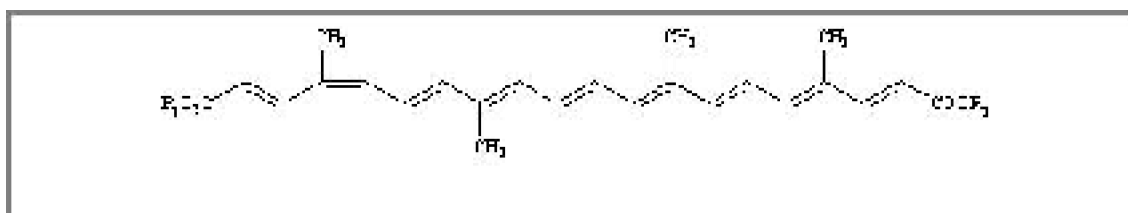


FIGURA 15. Estructura de annato, bixina.

FUENTE: FAO/WHO, (1996).

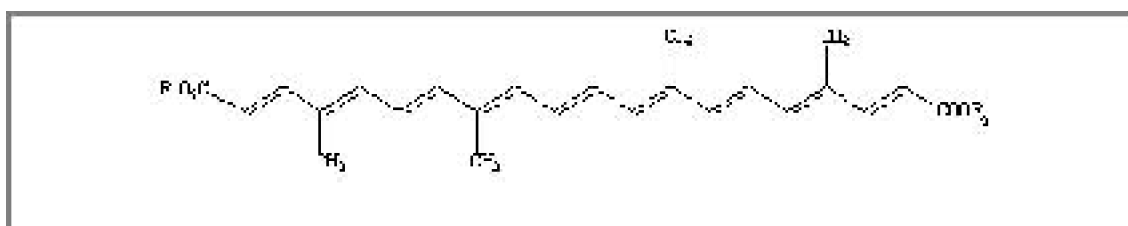


FIGURA 16. Estructura de annato, norbixina.

FUENTE: FAO/WHO, (1996).

Ambas variedades del colorante, otorgan tonalidades que van de amarillo mantequilla a color damasco, y comparten la estabilidad frente a la oxidación (NOONAN, 1980). Sin embargo son muy sensibles a la temperatura y la luz, en el primer caso pierden color a temperaturas sobre los 70°C, siendo un poco más estable la bixina. Frente a la luz se decoloran de manera irreversible al exponerse a la luz del sol por más de tres días, en condiciones normales de almacenamiento de alimentos, no expuestos a la luz solar, la estabilidad mejora bastante, presentando una mejor condición la bixina (SECCO, 1994).

Este colorante ha sido ampliamente usado en productos lácteos, como helados, mantequilla y quesos, margarina y aderezos para ensaladas. En el caso de los helados tiene una fuerte competencia con los colorantes certificados, ya que estos últimos resultan considerablemente más baratos (NOONAN, 1980).

**4.2.2. Antocianos (S.I.N. 163):** se obtiene por extracción acuosa de hollejos de uvas, contiene los componentes habituales del jugo de uva, como son antocianina, ácido tartárico, taninos, azúcares, minerales, etc., pero no en la misma proporción que se encuentran en éste. Los principales compuestos colorantes son antocianinas y glucósidos de antocianinas, como son peonidina, malvidina, delfinidina y petunidina (FIGURA 17). Durante el proceso de extracción se agrega dióxido de azufre, produciendo la fermentación de la mayoría de los azúcares extraídos, por lo que se genera alcohol; este extracto se concentra por evaporación al vacío, durante la cual prácticamente todo el alcohol es removido; pudiendo tener una leve presencia de dióxido de azufre (FAO/WHO, 1992 m).

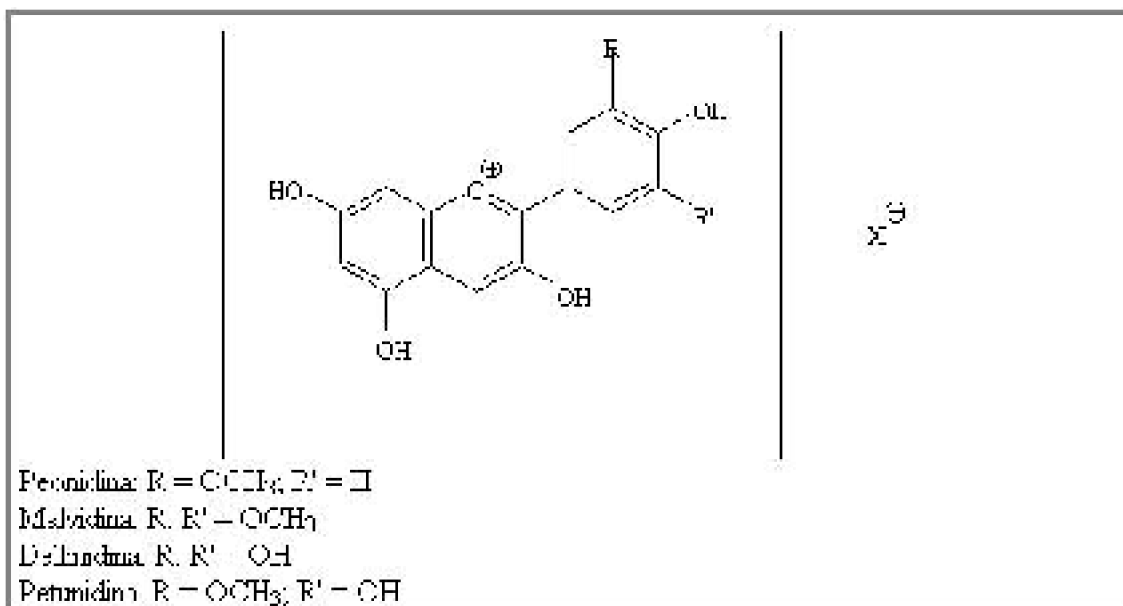


FIGURA 17. Estructura de antocianos.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 m).

Consiste en un líquido, polvo o pasta de color rojo púrpura, con ligero olor característico (FAO/WHO, 1992 m). Son solubles en medio acuoso, inestables frente a la luz, se degradan durante el almacenamiento, cambiando el color cuanto más elevada sea la temperatura, en cambio, presentan buen estabilidad en medio ácido. Este colorante es relativamente poco usado, teniendo uso en algunos lácteos, helados, caramelos, productos de pastelería y conservas vegetales (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.3. Apocarotenal (S.I.N. 160 e):** este compuesto se obtiene por síntesis química, ya que no existe como tal en la naturaleza, las especificaciones son aplicables a todos los isómeros trans (Z) de  $\beta$ -apo-8'-carotenal (FIGURA 18) junto a menores cantidades de otros carotenoides, a partir de  $\beta$ -apo-8'-carotenal se preparan soluciones o suspensiones estables en grasas o aceites comestibles, emulsiones y polvos dispersables en agua; estas preparaciones pueden tener diferentes proporciones de isómeros cis/trans (FAO/WHO, 1992c).

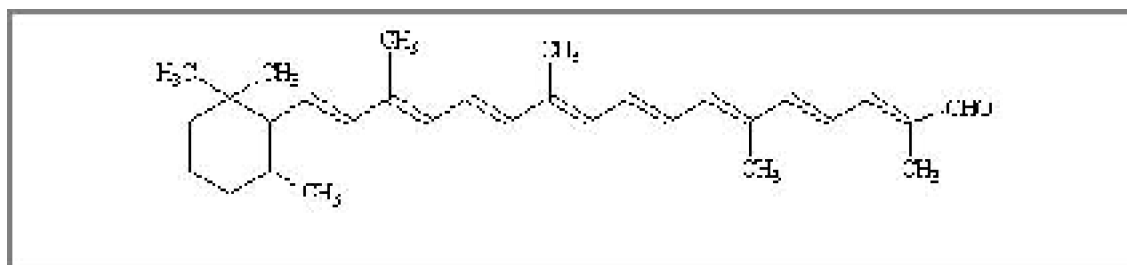


FIGURA 18. Estructura de apocarotenal.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 c).

Consiste en cristales de color violeta oscuro con brillo metálico o polvo cristalino; en esta forma es muy sensible al oxígeno y a la luz, por lo que debe ser almacenado en

envases que lo protejan de la luz y bajo gas inerte. Es insoluble en agua, poco soluble en etanol, moderadamente soluble en aceites vegetales y soluble en cloroformo (FAO/WHO, 1992 c).

**4.2.4. Astaxantina (S.I.N. 160):** perteneciente a la familia de las xantófilas (FIGURA 19), este colorante es ampliamente usado en la alimentación de salmones criados en cautiverio. Se obtiene a partir de la microalga *Haematococcus pluvialis*, la cual contiene el pigmento en forma natural, con ella se elabora harina, que se incorpora a la dieta de los salmones para que adquieran el tono anaranjado que los caracteriza. El uso de esta harina está totalmente aprobado en Japón y Canadá, y cuenta con el respaldo de la FDA (*US Food and Drugs Administration*) desde Agosto del año 2000 (CHILE. FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO, 2002).

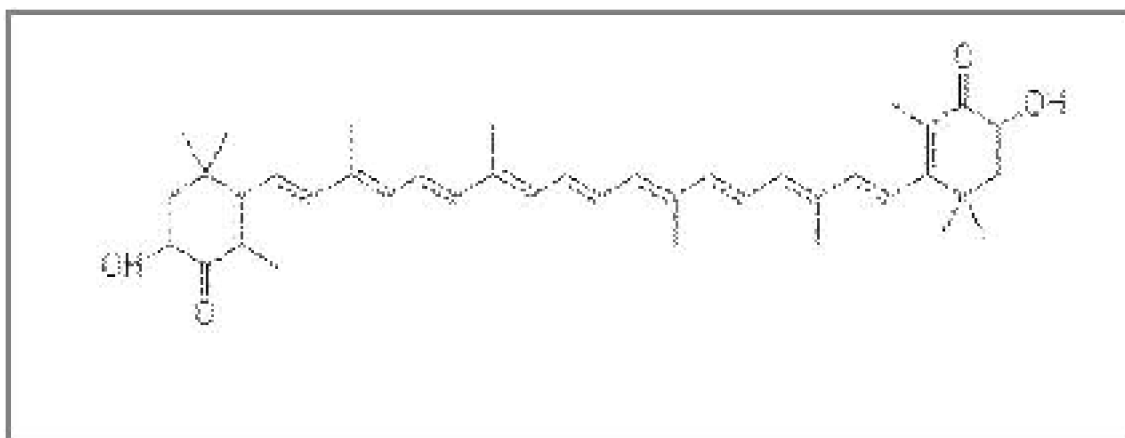


FIGURA 19. Estructura de astaxantina

FUENTE: CHILE. FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PRODUCTIVO, (2002).

**4.2.5. Betaína (S.I.N. 162):** este colorante consiste del extracto acuoso de la raíz de la remolacha roja o betarraga (*Beta vulgaris L var rubra*), presionándola para obtener el jugo o por extracción acuosa de las raíces trituradas; está compuesto de diferentes pigmentos, todos ellos pertenecientes a la clase de la betalaína (FIGURA 20). El principal compuesto coloreado es la betacianina (rojo), del cual la betanina representa entre el 75% al 95%; pueden estar presentes menores cantidades de betaxantina (amarillo) y productos de degradación de betalaína (café claro). La betanina contenida en el extracto de raíz de betarraga puede sufrir una degradación progresiva, la cual se ve acelerada al aumentar el pH, la temperatura y la actividad de agua; este colorante resiste bien las condiciones ácidas. Así, es esperable que los productos comerciales que la contengan pierdan lentamente su color o alteren la tonalidad de éste, pasando a marrón, según sean las condiciones de almacenaje (FAO/WHO, 1992 f).

Aparte de los pigmentos, el extracto contiene azúcares, sales y/o proteínas presentes en forma natural en la betarraga, para resolver esto se concentra y refina, removiendo en este proceso los componentes no deseados. Ácidos tales como cítrico, láctico y L-ascórbico se pueden añadir como agentes acidulantes, controlando así el pH y estabilizantes y 'carriers' son usados también como una ayuda en la fabricación del colorante en forma de polvo.

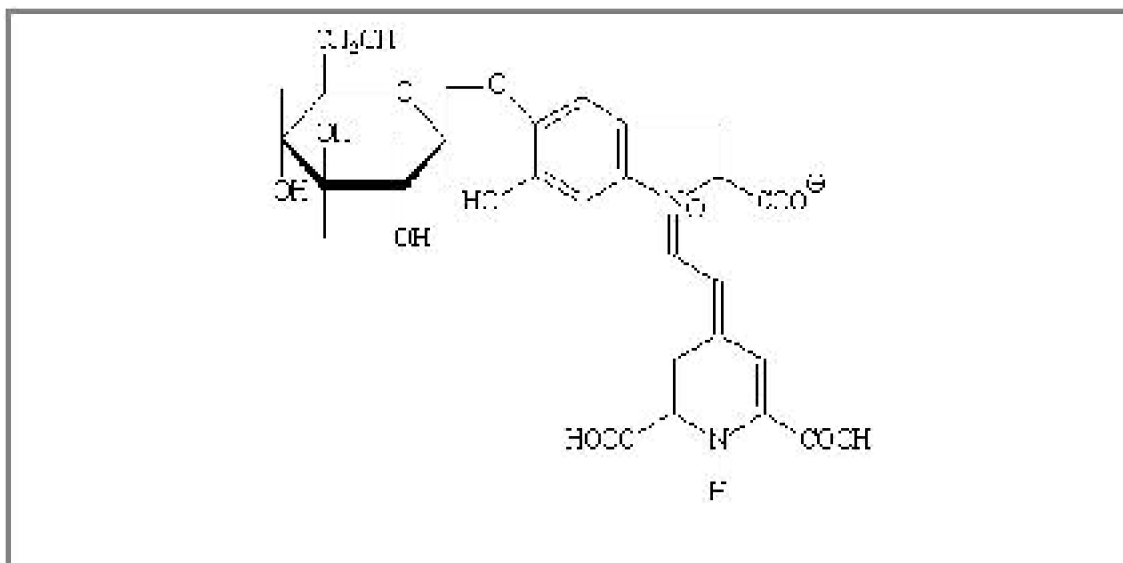


FIGURA 20. Estructura de betaína.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 f).

Este colorante se presenta como un líquido, pasta o polvo de color rojo a rojo oscuro. Es soluble o miscible con el agua e insoluble o inmisible en etanol. (FAO/WHO, 1992 f).

Ante la preocupación del público por el uso de colorantes artificiales, la betaína está teniendo usos en productos de repostería, helados y derivados lácteos dirigidos a la alimentación infantil. En España se utiliza en bebidas, conservas vegetales, mermeladas y yogures (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.6. Cantaxantina (S.I.N. 161 g):** pertenece al grupo de las xantofilas, es decir es un derivado oxigenado del caroteno. Consiste principalmente de trans- $\beta$ -caroteno-4-4'-diona (FIGURA 21) junto a cantidades menores de otros isómeros; soluciones diluidas y estables, son preparadas a partir de cantaxantina que cumpla con estas especificaciones e incluyen soluciones o suspensiones de cantaxantina en grasas o aceites comestibles, emulsiones y polvo dispersable en agua. Estas preparaciones pueden tener diferentes proporciones de isómeros cis/trans. Estas especificaciones son representativas sólo para cantaxantina sintética y no incluyen al colorante obtenido de fuentes naturales (FAO/WHO, 1998 b). Este pigmento existe en forma natural en la concha de algunos crustáceos, tiene a veces colores azulados o verdes al estar asociada a proteínas. Al calentar dichos productos, esta unión se rompe, explicando así el cambio de color que presentan algunos crustáceos al cocerlos (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

La presentación de este colorante es en cristales o polvo cristalino de color violeta profundo, en esta forma es sensible al oxígeno y a la luz, por lo que se recomienda almacenarlo en contenedores que no permitan el paso de la luz y bajo gas inerte. Es insoluble en agua y etanol, prácticamente insoluble en aceites vegetales y muy poco soluble en acetona (FAO/WHO, 1998 b).

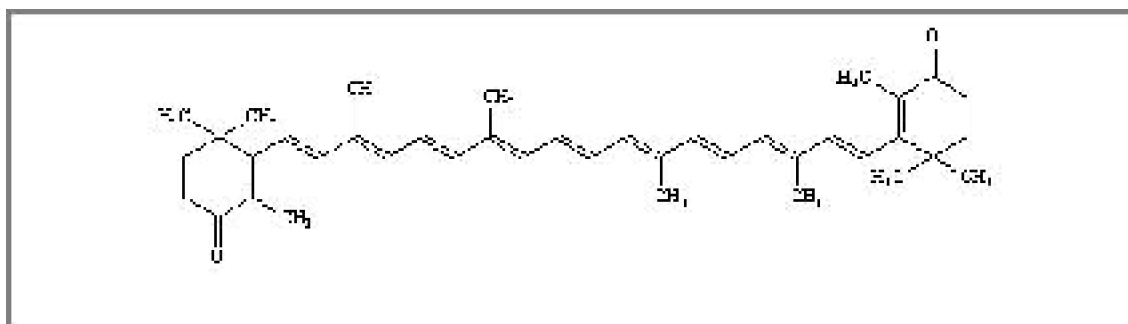


FIGURA 21. Estructura de cantaxantina.

FUENTE: FAO/WHO, (1998 b).

La cantaxantina se utiliza debido a su color rojo, semejante al pimentón, pero con escasa importancia frente a otros colorantes. Donde alcanza mayor importancia es en alimentación animal, ya que se suministra a truchas o salmones de criadero y también a gallinas, con el objetivo de conseguir un color más intenso tanto en la carne de los peces como en la yema de los huevos (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.7. Carmín de cochinilla (S.I.N. 120):** se obtiene por extracción acuosa de la cochinilla, la cual consiste de los cuerpos desecados de las hembras del insecto *Dactylopius coccus*, parásitos de algunas especies de cactus altiplánicos. El principio colorante es quelato aluminico hidratado del ácido carmínico (FIGURA 22), en el cual el aluminio y el ácido carmínico están en proporción molar de 1:2.

En productos comerciales el principio colorante está presente asociado con amonio, calcio, potasio o sodio, solos o en combinación, y de estos cationes puede incluso haber un exceso. Estos productos también pueden contener material proteico derivado de los insectos, ácido carmínico libre o un pequeño exceso de aluminio (FAO/WHO, 2000 b).

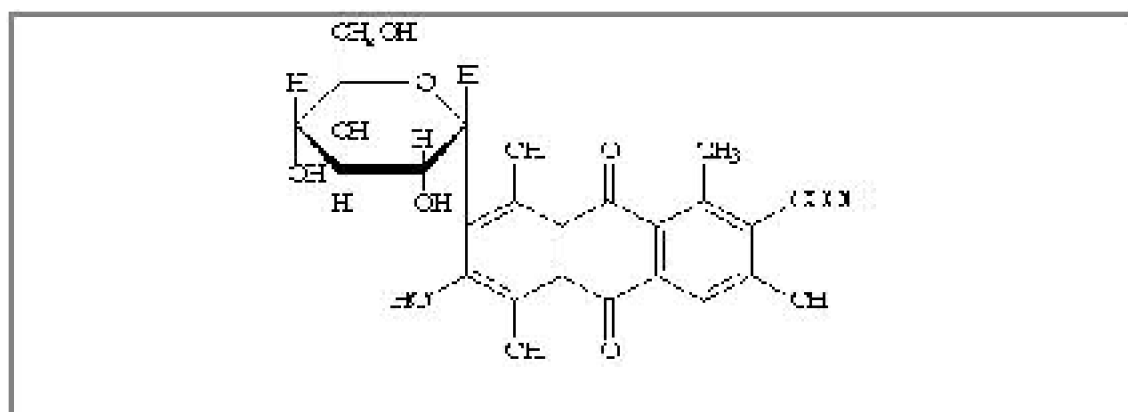


FIGURA 22. Estructura de ácido carmínico.

FUENTE: FAO/WHO, (2000 b).

La presentación del carmín de cochinilla es en polvo o sólido desmenuzable de color rojo o rojo oscuro. La solubilidad de las preparaciones varía dependiendo de la naturaleza de los cationes presentes, los productos con mayor contenido de amonio son fácilmente solubles en agua a pH entre 3,0 y 8,5. Los productos con mayor contenido de calcio son

moderadamente solubles en agua a pH 3,0 pero si son ampliamente solubles a pH 8,5 (FAO/WHO, 2000 b).

Es, probablemente, el colorante con mejores características tecnológicas entre los naturales, pero se usa poco debido a su elevado precio, entrega a los alimentos en los que se usa un color rojo muy agradable, teniendo usos en conservas vegetales y mermeladas, helados, productos cárnicos y lácteos, y en bebidas, tanto alcohólicas como de fantasía (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.8. Caramelo (S.I.N. 150):** este colorante es el material café oscuro amorfo<sup>(1)</sup> resultante del calentamiento controlado de un carbohidrato comestible ya sea solo o en presencia de ácidos, álcalis o sales de grado alimenticio. Este carbohidrato puede ser: dextrosa, azúcar invertido, lactosa, sacarosa o almidón hidrolizado (NOONAN, 1980).

Según el compuesto que se utilice, se distinguen cuatro clases de este colorante:

**Clase I (S.I.N. 150 a):** se prepara calentando un carbohidrato solo o en presencia de ácidos o álcalis de grado alimenticio, que pueden ser alguno de los siguientes: ácido cítrico o sulfúrico, hidróxido de sodio, potasio o calcio o una mezcla de estos. A este producto se le conoce como caramelo natural o caramelo caústico.

**Clase II (S.I.N. 150 b):** se obtiene calentando el azúcar con o sin ácidos o álcalis, en presencia de compuestos azufrados, como ácido sulfuroso o sulfito de potasio, sodio o amonio. Esta variedad del colorante recibe el nombre de caramelo de sulfito caústico.

**Clase III (S.I.N. 150 c):** su obtención es calentando el azúcar con o sin ácidos o álcalis, en presencia de amoníaco o compuestos que lo contengan, como son: hidróxido, carbonato, fosfato, sulfato o sulfito de amonio. El nombre asignado a este compuesto es caramelo amónico.

**Clase IV (S.I.N. 150 d):** se obtiene por calentamiento del azúcar con o sin ácidos o álcalis, en presencia de compuestos azufrados y amoníaco, puede usarse una mezcla de anhídrido sulfuroso y amoníaco o sulfito amónico. Este producto se conoce como caramelo de sulfito amónico.

La presentación de estos colorantes es líquido o sólido de color castaño oscuro a negro, con leve aroma a azúcar quemado. Todos los tipos de este colorante son solubles en agua (FAO/WHO, 2000 a).

En la mayoría de los productos el caramelo presenta muy buena estabilidad, uno de sus principales usos es para colorear bebidas carbonatadas de cola, cervezas y bebidas alcohólicas, como ron o coñac, por ejemplo. Se utiliza igualmente en repostería, para lograr el tono de chocolate, que no se consigue con colorantes sintéticos; también se usa en pan de centeno, caramelos, helados, postres, sopas preparadas, etc. Este colorante es el más usado en la alimentación, representando cerca del 90% del total de los colorantes utilizados, además desde el punto de vista de costos, resulta bastante económico (NOONAN, 1980).

**4.2.9. Carbón vegetal (S.I.N. 153):** producido por la carbonización de materias vegetales en condiciones controladas, estas materias pueden ser madera, residuos de celulosa, corteza de coco y otros. Este material es carbonizado a altas temperaturas y consiste esencialmente de carbón finamente dividido, pudiendo contener pequeñas

cantidades de nitrógeno, hidrógeno y oxígeno. Algo de humedad puede ser absorbida por el producto luego de su fabricación. Puede ser activado a altas temperaturas en presencia de vapor o dióxido de carbono (FAO/WHO, 1992 w).

Se presenta como polvo negro, inodoro e insípido. Es insoluble en agua y en compuestos orgánicos (FAO/WHO, 1992 w).

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002), establece su 'uso según farmacopea', por lo que debe cumplir normas de calidad muy estrictas para estas aplicaciones farmacéuticas. Como colorante no tiene mucha importancia, pero en cambio un producto semejante, el carbón activado, es fundamental como auxiliar tecnológico; se usa en la decoloración parcial de mostos, vinos y vinagres y para desodorizar aceites. Luego de su uso, el carbón activado, se elimina por filtración, por lo que no se encuentra presente en los productos que llegan al consumidor (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.10. Carotenos alfa, beta y gama (S.I.N. 160 a):** estos colorantes se obtienen por extracción con solvente a partir de zanahorias (*Daucus carota*), aceite de palma (*Elaeis guinensis*), papas (*Ipomomea batatas*) y otros vegetales comestibles, con la subsecuente purificación. Los principales compuestos colorantes son alfa y beta carotenos (FIGURA 23 y FIGURA 24), de los cuales el beta-caroteno es el que está en mayor proporción. Puede haber presencia de gama carotenos (FIGURA 25) y de otros pigmentos. Además de los pigmentos, esta sustancia puede contener aceites, grasas y ceras, que se encuentren en forma espontánea en la materia prima. Otra fuente de estos colorantes son las algas, principalmente *Dunadiella salina*, a partir de la cual y por extracción con solvente se obtienen mayormente isómeros cis y trans de beta-caroteno, junto a menores cantidades de otros carotenoides, tales como alfa-caroteno y xantofilas (FAO/WHO, 1998 c). Además de los pigmentos, los carotenos provenientes de algas pueden contener lípidos que ocurren espontáneamente en la materia prima y tocoferol, el cual se añade para retardar la oxidación del pigmento (FAO/WHO, 1998 c).

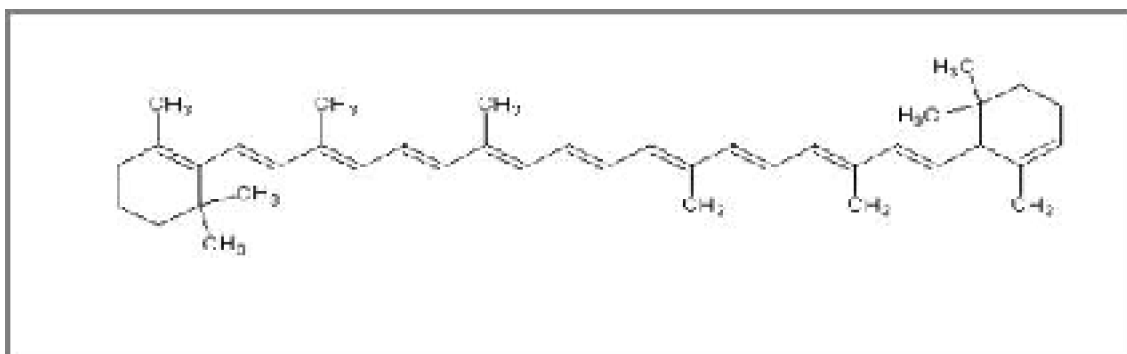


FIGURA 23. Estructura de alfa caroteno.

FUENTE: FAO/WHO, (1998 c).



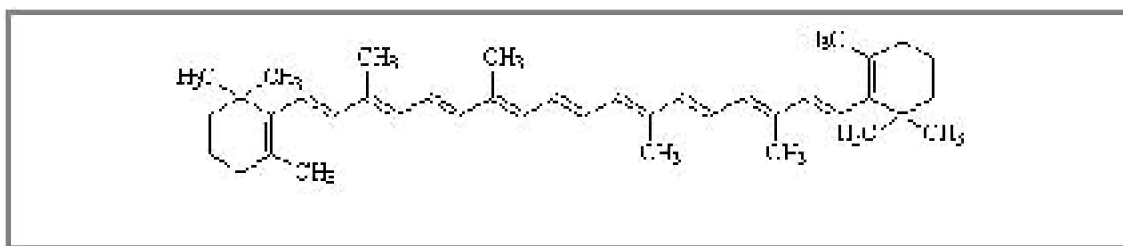


FIGURA 24. Estructura de beta caroteno.

FUENTE: FAO/WHO, (1998 c).

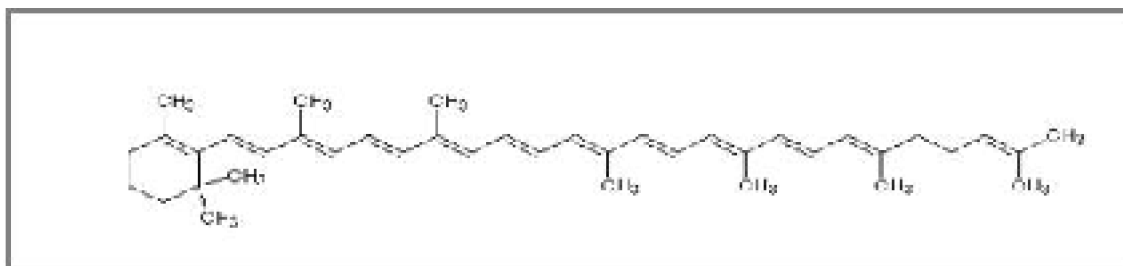


FIGURA 25. Estructura de gama caroteno.

FUENTE: FAO/WHO, (1998 c).

En ambos casos los solventes usados para la extracción son: acetona, metanol, propan-2-ol, hexano, dióxido de carbono y aceites vegetales. Las formas comerciales de este colorante pueden ser suspensiones en aceite vegetal de color marrón rojizo a pardo o de naranja a naranja oscuro, también se puede encontrar como líquido, dispersión o polvo; en el caso de las dispersiones en agua se usa un agente emulsificante y para la forma de polvo, se utiliza un agente pulverizador tal como la dextrina. Estas presentaciones son para facilitar su uso y mejorar la estabilidad, ya que los carotenos se oxidan fácilmente. Esta alteración se acelera a medida que aumenta la temperatura (FAO/WHO, 1998c). El beta-caroteno cristalino es sensible a la luz y al oxígeno, por lo que se recomienda almacenarlo bajo gas inerte o en condiciones de vacío; las suspensiones y soluciones en aceites y grasas son bastante estables durante su vida útil (NOONAN, 1980).

Los carotenos, en general, son insolubles en agua (FAO/WHO, 1998 c). Cuando se utilizan para colorear bebidas, se hace con suspensiones desarrolladas especialmente para este fin. Aunque están clasificados como material liposoluble, su solubilidad en grasas y aceites es limitada. Tampoco son solubles en etanol, glicerina y propileno glicol. Tienen las ventajas de no verse afectados en presencia de ácido ascórbico y de presentar una gran potencia colorante. Sus inconvenientes es que son costosos y que presentan problemas técnicos en su utilización industrial, su lentitud en la disolución y su escasa estabilidad frente al oxígeno, los hace difíciles de manejar. Pierden color fácilmente en productos deshidratados, en cambio resisten bien el enlatado (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

Los carotenos han ayudado a satisfacer la necesidad de colorantes liposolubles creada al eliminar de las listas de la FD&C los amarillos N°3 y N°4. El beta-caroteno es el colorante natural de la mantequilla. Tiene un importante uso en la coloración de

margarinas y aceites, para estas aplicaciones se desarrolló una suspensión micro pulverizada de beta-caroteno en aceite vegetal, la cual al agregarse a la base grasa se disuelve fácilmente durante el proceso de calentamiento (NOONAN, 1980).

**4.2.11. Clorofila (S.I.N. 140):** las clorofilas son los pigmentos responsables del color verde de hojas, vegetales y frutos inmaduros. Son fundamentales para que se realice el proceso de la fotosíntesis, proceso en el cual se transforma la energía solar en energía química, y a partir de ésta última se producen alimentos para todos los seres vivos y se mantiene el nivel de oxígeno en la atmósfera. Por esta razón han sido largamente estudiadas (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

Se obtienen por extracción con solvente a partir de material vegetal. Durante la remoción del solvente, el magnesio presente por naturaleza en la molécula puede ser parcial o completamente removido, dando lugar a las correspondientes feofitinas, el principal compuesto colorante junto a la clorofila magnésica (FIGURA 26). Este extracto puede contener otros pigmentos tales como carotenoides, aceites, grasas y ceras derivadas de la materia prima utilizada (FAO/WHO, 1992 k).

La presentación de este colorante es de un sólido céreo, cuyo color va desde verde oliva hasta verde oscuro, dependiendo del contenido de magnesio coordinado. Este material es insoluble en agua, en cambio presenta buena solubilidad en etanol, di-etil-éter, cloroalcanos, hidrocarburos y algunos aceites. La buena disolución que logra en algunos alcoholes hace que sean éstos compuestos los que se utilizan para su extracción (FAO/WHO, 1992 k).

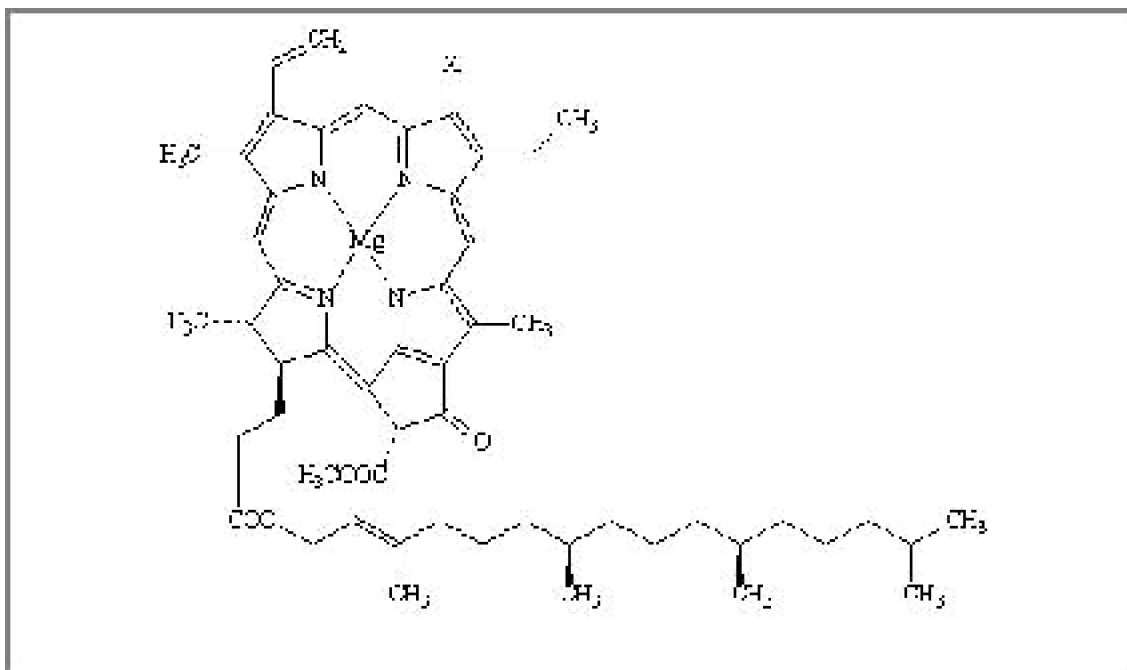


FIGURA 26. Estructura de clorofila.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 k).

El interés por la clorofila en tecnología, no radica en su uso como colorante, sino, en evitar que se degrade durante el procesamiento de los alimentos que la contienen

naturalmente. El calentamiento, por ejemplo en procesos de escaldado, hace que las clorofilas pierdan el magnesio presente, como resultado de esto se altera el color ya que se forman las feofitinas, de color verde oscuro y poco atractivo en vegetales. Además son sensibles a la luz, el oxígeno y la acidez, por lo que tampoco resiste muy bien tiempos prolongados de almacenamiento.

Así las clorofilas se usan poco como colorantes para alimentos, ocasionalmente en aceites, chicles, helados y bebidas refrescantes (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.12. Clorofila y sus sales de cobre (S.I.N. 141):** este colorante es muy similar al S.I.N. 140, la diferencia entre ambos compuestos radica en que al extracto obtenido por solvente se le agrega una sal orgánica de cobre, reemplazando así al magnesio presente en forma natural en la molécula (FIGURA 27). Al igual que la clorofila magnésica, puede contener otros pigmentos tales como carotenoides y grasas o ceras derivadas de la materia prima. El solvente que se utiliza en el proceso de extracción puede ser uno de los siguientes: acetona, dicloro metano, metano, etanol, propan-2-ol y hexano (FAO/WHO, 1992 j).

Su forma comercial es de sólido céreo, cuyo color va desde azul verdoso a verde oscuro, dependiendo de la materia prima utilizada, es insoluble en agua y soluble en etanol, dietil-éter, cloroalcanos, hidrocarburos y algunos aceites (FAO/WHO, 1992 j).

Al igual que la clorofila magnésica, su utilización como colorante es bastante limitada, aún cuando el reemplazo del magnesio por cobre da lugar a un color bastante más estable (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.13. Cúrcuma (S.I.N. 100):** cúrcuma o curcumina, se obtiene de la raíz de la cúrcuma (*Curcuma longa L*), planta cultivada en la India, por extracción con solvente. Luego para obtener un polvo concentrado, el extracto es purificado por cristalización. El producto consiste esencialmente de curcuminas, siendo el principio colorante (1,7-bis(4-hidroxi-3-metoxifenil)-hepta-1,6-dieno-3,5-diona) (FIGURA 28) y sus derivados desmetoxi- y bis-desmetoxi-, en proporciones variables. Puede haber presencia de aceites y resinas que ocurren naturalmente en la raíz, pero en cantidades muy bajas (FAO/WHO, 2001 c).

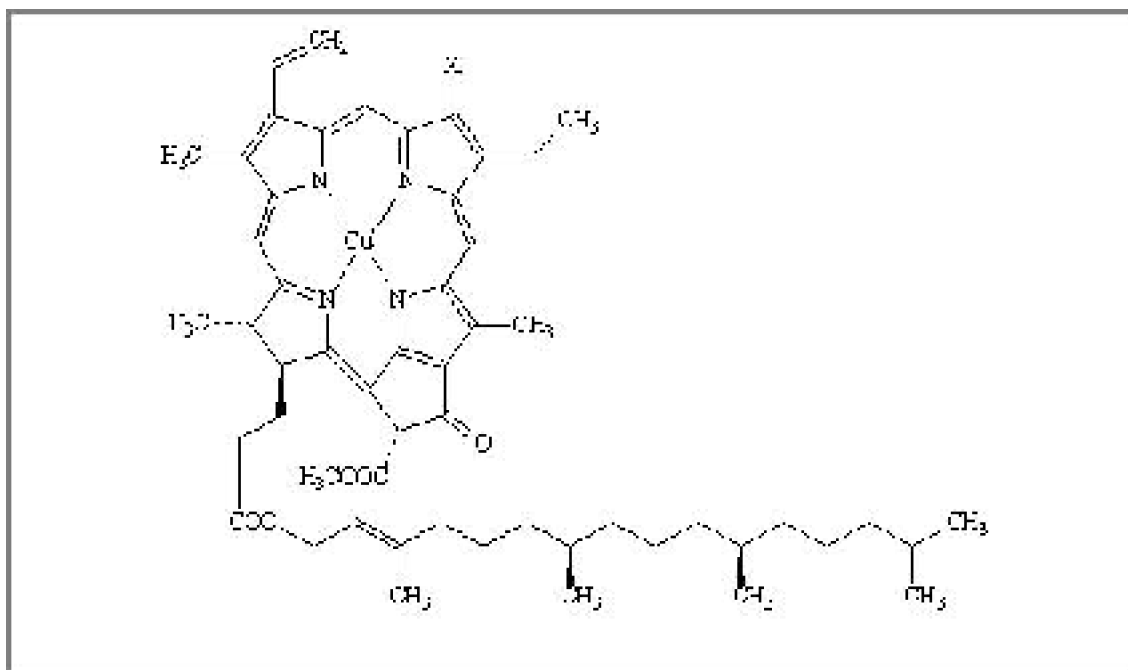


FIGURA 27. Estructura de complejos cúpricos de clorofila.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 j).

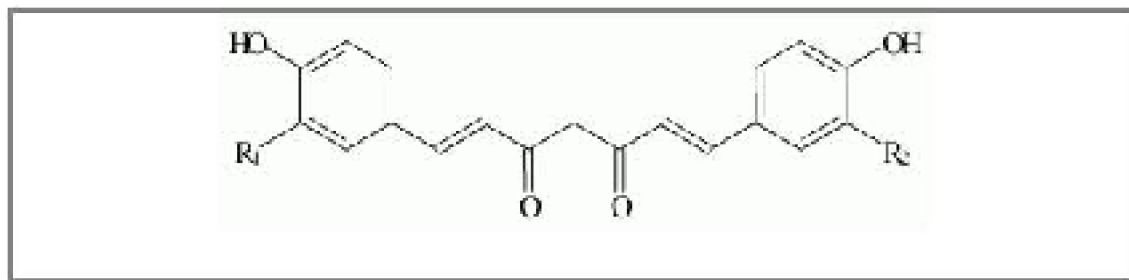


FIGURA 28. Estructura de cúrcuma.

FUENTE: FAO/WHO, (2001 c).

Se presenta en forma de polvo cristalino amarillo anaranjado, insoluble en agua y en dietil-éter, soluble en etanol y en ácido acético glacial (FAO/WHO, 2001 c).

En tecnología de alimentos se utiliza, además del colorante, la especia completa y la oleoresina, en estos casos también hay un efecto aromatizante. La especia es fundamental en el curry, al que otorga su característico color amarillo. Como colorante tiene usos en mostazas, preparados para sopas y caldos y en algunos derivados cárnicos y lácteos (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

**4.2.14. Ester etílico del ácido beta-apo-8'-carotenoico (S.I.N. 160 f):** derivado de  $\beta$ -apo-8'-carotenal, y por lo mismo muy similar a éste. Se obtiene sólo por síntesis química, ya que no existe como tal en la naturaleza, las especificaciones son válidas para todos los isómeros trans (Z) del éster etílico del ácido  $\beta$ -apo-8'-carotenoico (FIGURA 29), pudiendo haber presencia de cantidades menores de otros carotenoides, formas diluidas y estables se preparan a partir de éster etílico del ácido  $\beta$ -apo-8'-carotenoico, las cuales incluyen soluciones o suspensiones de este compuesto en grasas o aceites comestibles,

emulsiones y polvos dispersables en agua; estas preparaciones pueden tener diferentes proporciones de isómeros cis/trans (FAO/WHO, 1992 d).

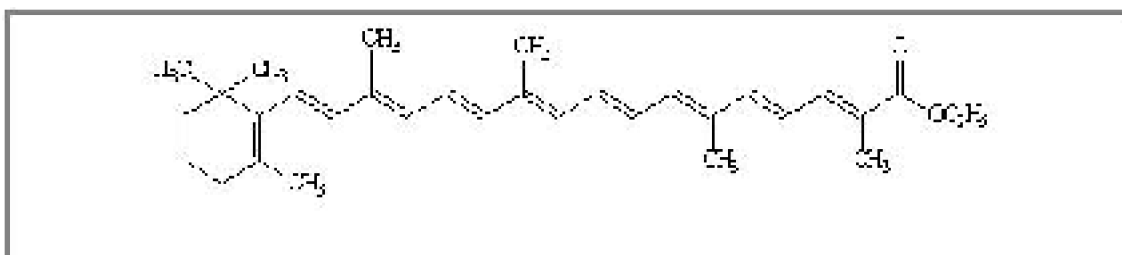


FIGURA 29. Estructura de éster etílico del ácido beta-*apo*-8' carotenico.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 d).

Consiste en cristales de color rojo a rojo-violeta o polvo cristalino; en esta forma es muy sensible al oxígeno y a la luz, por lo que debe ser almacenado en envases que lo protejan de la luz y bajo gas inerte. Es insoluble en agua, poco soluble en etanol, moderadamente soluble en aceites vegetales y soluble en cloroformo (FAO/WHO, 1992 d).

**4.2.15. Dióxido de titanio (S.I.N. 171):** es un colorante de origen mineral, una sustancia inorgánica extremadamente estable, la cual consiste esencialmente de dióxido de titanio puro, pudiendo contener trazas de aluminio o sílice, los que se agregan para mejorar las propiedades tecnológicas.

Se presenta en forma de polvo blanco amorfo, insoluble en agua y en solventes orgánicos; se disuelve lentamente en ácido fluorhídrico y en ácido sulfúrico concentrado caliente (FAO/WHO, 1992 v).

Posee una gran capacidad de cobertura o poder opacante. En formas menos purificadas es el pigmento básico usado en pintura blanca. Su principal uso es para formar cubiertas de productos horneados y en confites (cobertura de lentejas de chocolate). Así como las lacas FD&C, el dióxido de titanio debe ser dispersado para tener efecto colorante, lo cual se logra fácilmente en líquidos pero tiende a decantar, permanece suspendido sólo en líquidos viscosos o materiales semi-sólidos. Este colorante se listó como exento de certificación en forma permanente en 1966 (NOONAN, 1980).

**4.2.16. Oleo resinas del pimentón (S.I.N. 160 c):** también conocida como Capsantina, pertenece al grupo de los carotenoides (BADUI, 1999) se obtiene por extracción con solvente a partir del pimentón rojo, *Capsicum annum L*, y contiene los principales compuestos colorantes, capsantina (FIGURA 30) y capsorrubina, y saborizante de esta especie, capsaicina; junto a una variedad de otros compuestos colorantes que se sabe están presentes en pequeñas cantidades. Para llevar a cabo el proceso de extracción se puede usar algunos de los siguientes solventes: tricloroetileno, acetona, propan-2-ol, metanol, etanol y hexano, el cual es retirado al finalizar el proceso (FAO/WHO, 1992 o).

Se presenta en forma de un líquido viscoso de color rojo oscuro. Es prácticamente insoluble en agua, parcialmente soluble en etanol e insoluble en glicerina (FAO/WHO, 1992 o) Tiene su principal aplicación en la coloración de embutidos, usándose también en

algunos lácteos y en frutas y hortalizas procesadas (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

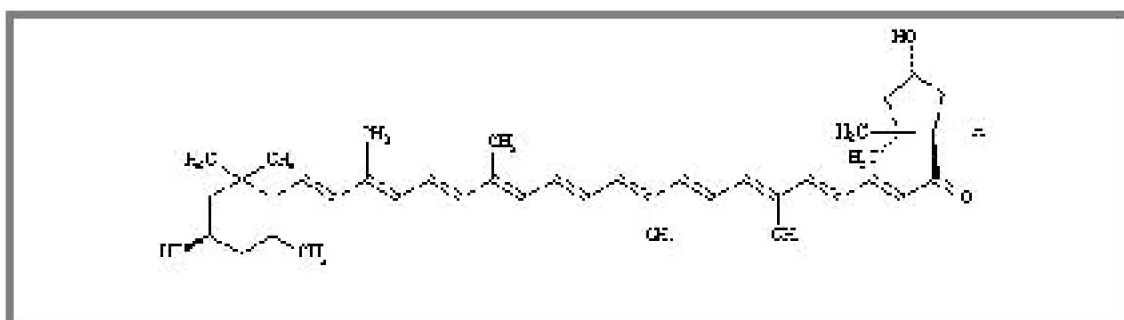


FIGURA 30. Estructura de capsantina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 o).

**4.2.17. Rivoflavina (S.I.N. 101):** es una vitamina del grupo B, específicamente la denominada B<sub>2</sub>. Esta vitamina es sintetizada por todas las plantas y por numerosos microorganismos, pero no lo es por los animales superiores. Las principales fuentes de esta vitamina son levadura, leche, clara de huevo, riñón, hígado, corazón y verduras, además del pescado y carne, principalmente la de pollo (ARILLA, 1999). Industrialmente la riboflavina se obtiene por síntesis química o métodos biotecnológicos.

Consiste en 7,8-dimetil-10-(D-ribo-2,3,4,5-tetrahidroxipentil)-benzo(g)pteridilna-2,4(3H,10H)-diona (FIGURA 31), es un colorante de la clase iso-aloxazina y se presenta como polvo cristalino de color amarillo a amarillo anaranjado con un ligero aroma. Es moderadamente soluble en agua, prácticamente insoluble en alcohol, cloroformo, acetona y éter, pero si es muy soluble en soluciones alcalinas diluidas (FAO/WHO, 1992 s).

Como colorante tiene la ventaja de ser estable al calentamiento y la desventaja de que al ser expuesta a la luz solar o a tubos fluorescentes, puede iniciar reacciones que alteran el aroma y el sabor de los alimentos, esto tiene especial relevancia en el caso de la leche envasada en botellas de vidrio. Este aditivo es poco usado como colorante, cuando se usa con este fin no puede hacerse mención al aporte vitamínico en la publicidad del alimento (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

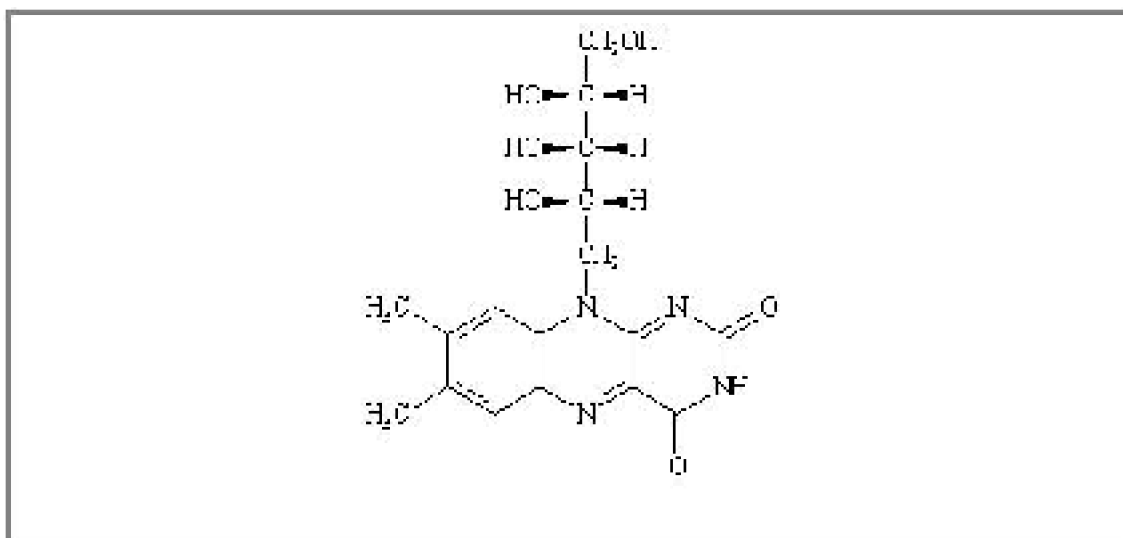


FIGURA 31. Estructura de riboflavina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 s).

**4.2.18. Aluminio (polvo) (S.I.N. 173):** al igual que el dióxido de titanio, es un colorante de origen mineral, una sustancia inorgánica. Se produce por la molienda de aluminio en presencia de aceites vegetales y/o ácidos grasos de grado alimenticio. Consiste en polvo o láminas delgadas de color gris plateado. Presenta insolubilidad en agua y en solventes orgánicos, es soluble en ácido clorhídrico diluido (FAO/WHO, 1998 a).

El Reglamento Sanitario de los Alimentos establece que su uso se debe limitar sólo a decoraciones, por lo que se limita su uso a confitería y repostería, como colorante de superficies (CHILE, MINISTERIO DE SALUD. 2002).

**4.2.19. Luteína (S.I.N. 161):** pertenece al grupo de las llamadas xantofilas, que son derivados oxigenados de los carotenoides (FIGURA 32), usualmente sin actividad como vitamina A. Abundan en los vegetales, siendo responsables de sus coloraciones amarillas y anaranjadas, aunque muchas veces están enmascaradas por la clorofila, es el caso de espinacas y brócoli. También las hay presentes en el reino animal, es el caso de la luteína que se encuentra presente en la yema del huevo (CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL, 2001).

Actualmente su principal uso se encuentra en sectores como la piscicultura y la avicultura, su utilización radica en su poder colorante, ya que intensifica la coloración de la carne de salmones y de pollos, así como la coloración de las yemas de huevo. Su uso en alimentación animal se debe a que el producto final es para consumo humano y orientado a mercados exigentes y muy estrictos en cuanto a la utilización de aditivos sintéticos.

Su método de obtención puede ser por síntesis química, extracción del pigmento de pétalos de *Tajetes erecta* o a partir del cultivo de microalgas y cianobacterias, tal como *Muriellopsis*.

Este método de obtención, a partir de microalgas, es el que está primando en la actualidad; es más económico que la síntesis química y al compararlo con la vía biológica

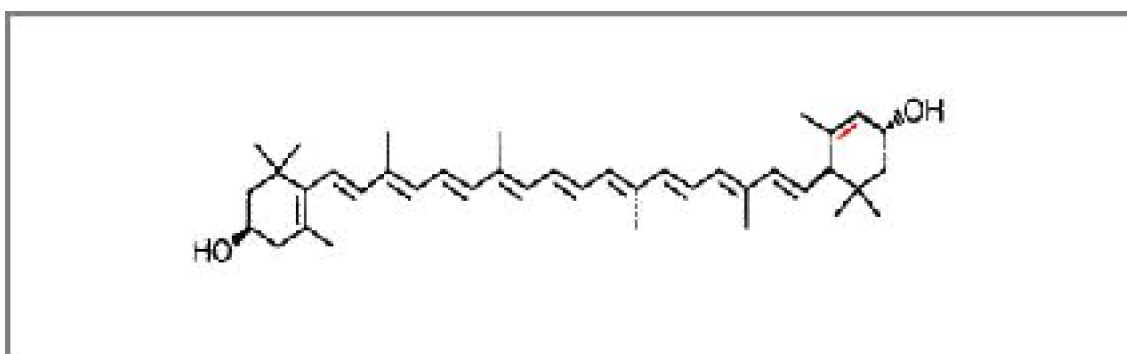
tradicional, a partir de pétalos de *Tajetes*, resulta favorable, tanto por que la producción por unidad de superficie es mayor, como porque el proceso de producción es más controlado, lo que deriva en calidad uniforme y repetible (ESPAÑA. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS, 2003)

La luteína tiene además interés farmacológico, ya que existen estudios clínicos que indican que posee un rol protector frente a aterosclerosis y enfermedades oculares degenerativas, tales como la catarata o la degeneración macular.

También tiene acción como antioxidante, por lo que protege las células de los efectos de los radicales libres.

Se presenta como un sólido cristalino de color amarillo, levemente higroscópico.

(LUTEIN INFORMATION BUREAU, 2003).



*FIGURA 32. Estructura de luteína.*

FUENTE: Lutein Information Bureau, (2003).

## **4.3. Aspectos toxicológicos**

**4.3.1. Ingesta diaria admisible (IDA) para colorantes.** Los valores de IDA se entregan generalmente en términos numéricos, es decir mg colorante/kg peso corporal, pero también puede establecerse como 'no especificado', 'no asignado' o 'no limitado', esto significa que según la información disponible el consumo total en la dieta de dicho material, proveniente de su aplicación en alimentos, a las dosis permitidas, no representa peligro para la salud según la opinión del Comité FAO/OMS (JECFA). Un aditivo con esta clasificación puede ser usado bajo los principios de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), lo cual implica el uso de la menor cantidad posible para lograr los efectos deseados en el alimento (FAO, 2001a).

El CUADRO 7 y el CUADRO 8 muestran los valores de IDA vigentes, según FAO/OMS para los Colorantes Artificiales y Naturales, respectivamente, autorizados para uso en alimentos en Chile según el Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002).

**4.3.2. Toxicidad aguda (DL<sub>50</sub>).** Normalmente se expresa como miligramos o



gramos de material por kilogramo de peso del animal (mg/kg) (ESPAÑA. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, 1998 ; ESTADOS UNIDOS. ZARC INTERNATIONAL, 1999).

En los CUADROS 9 y 10 se recopila la información de Toxicidad Aguda para los colorantes naturales y artificiales, respectivamente, autorizados según el Reglamento Sanitario de los Alimentos (CHILE. MINISTERIO DE SALUD, 2002).

**4.3.3. Mutagénesis.** HUGHES (1994), describe la mutagenicidad como la capacidad de una sustancia de generar mutaciones en óvulos y espermatozoides. La información registrada por FAO/OMS en relación a mutagenicidad de colorantes, se basa en los resultados del Test de Ames, es decir evalúa la capacidad del colorante para inducir cambios en el ADN de bacterias in vitro, por esto la prueba se realiza a *E. Coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella* y otros. La información disponible, relativa a ensayos de mutagenicidad, se presenta en el CUADRO 11 para Colorantes Artificiales y en el CUADRO 12 para los Colorantes Naturales.

**CUADRO 7. Valores de IDA vigentes, según FAO/OMS para colorantes artificiales autorizados para uso en alimentos en Chile.**

Colorantes Artificiales	Valor IDA (mg/kg peso corporal)	Ultima Evaluación (*)	FUENTE
Amarillo Crepúsculo	0 – 2,5	1982	FAO/WHO, 2001
Amarillo de Quinoleína	0 – 10	1984	FAO/WHO, 2001
Tartrazina	0 – 7,5	1964	FAO/WHO, 2001
Azul Brillante	0 – 12,5	1969	FAO/WHO, 2001
Azul Patente V	NO ASIGNADA	1982	FAO/WHO, 2001
Indigotina	0 – 5	1974	FAO/WHO, 2001
Azorrubina	0 – 4	1983	FAO/WHO, 2001
Ponceau 4R	0 – 4	1983	FAO/WHO, 2001
Allura Red AC	0 – 7	1981	FAO/WHO, 2001
Café HT	0 – 1,5	1984	FAO/WHO, 2001
Negro Brillante BN	0 – 1	1981	FAO/WHO, 2001
Beta Caroteno Sintético	0 – 5	1974	FAO/WHO, 2002
Verde F.C.F.	0 – 25	1986	FAO/WHO, 2001
Eritrosina	0 – 0,1	1990	FAO/WHO, 2001

(\*) Evaluación del colorante realizada por el Comité FAO/WHO, JECFA.

**CUADRO 8. Valores de IDA vigentes, según FAO/OMS para colorantes naturales autorizados para uso en alimentos en Chile.**

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

<b>Colorantes Naturales</b>	<b>Valor IDA (mg/kg peso corporal)</b>	<b>Ultima Evaluación (*)</b>	<b>Fuente</b>
Annato	0 – 0,065	1982	FAO/WHO, 2001
Antocianos	0 – 2,5	1982	FAO/WHO, 2001
Apocarotenal	0 – 5	1974	FAO/WHO, 2001
Betaína	NO ESPECIFICADA	1987	FAO/WHO, 2001
Cantaxantina	0 – 0,03	1995	FAO/WHO, 2001
Carmín de Cochinilla	0 – 5	2000	FAO/WHO, 2001
Caramelo Clase I	NO ESPECIFICADA	1985	FAO/WHO, 2001
Caramelo Clase II	0 – 160	2000	FAO/WHO, 2001
Caramelo Clase III	0 – 150	1985	FAO/WHO, 2001
Caramelo Clase IV	0 – 150	1985	FAO/WHO, 2001
Carbón Vegetal	NO ASIGNADA	1987	FAO/WHO, 2001
Carotenos alfa, beta y gama	NO ASIGNADA	1989	FAO/WHO, 2001
Clorofila	NO LIMITADA	1969	FAO/WHO, 2001
Clorofila y sus sales de cobre	0 – 15	1969	FAO/WHO, 2001
Cúrcuma	0 – 1	2001	FAO/WHO, 2001
Ester etílico del ácido beta-apo-8' carotenoico	0 – 5		FAO/WHO, 2001
Dióxido de titanio	NO LIMITADA	1969	FAO/WHO, 2001
Oleo reinas del pimentón	NO LIMITADA	2000	FAO/WHO, 2001
Riboflavina	0 – 0,5	1981	FAO/WHO, 2001
Aluminio (polvo)	NO ASIGNADA	1977	FAO/WHO, 2001

(\*) Evaluación del colorante realizada por el Comité FAO/WHO, JECFA.

**CUADRO 9. Valores de DL<sub>50</sub> para colorantes artificiales según monografías FAO (mg colorante/kg peso corporal).**

Colorantes Artificiales	DL <sub>50</sub> (mg/kg peso corporal)	Especie (*) – Ruta (*)	Referencia	Fuente
Amarillo Crepúsculo	> 2000	Rata – oral	Lu & Lavallo, 1967	FAO/WHO, 1982 e
Amarillo de Quinoleína	2000	Rata – oral	Lu & Lavallo, 1964	FAO/WHO, 1969 d
Tartrazina	> 6000	Rata – oral		ROHA, 2003
Azul Brillante	> 2000	Rata – oral	Lu & Lavallo, 1964	FAO/WHO, 1969 a
Azul Patente V	> 5000	Rata – oral	Truhaut, 1962	FAO/WHO, 1974 f
Indigotina	2000	Rata – oral	Lu & Lavallo, 1964	FAO/WHO, 1974 e
Azorrubina	> 10000	Rata – oral	Gaunt et al., 1967	FAO/WHO, 1978 a
Ponceau 4R	> 8000	Rata – oral	Gaunt et al., 1967	FAO/WHO, 1983 b
Allura red AC	> 10000	Rata – oral	Weil, 1965	FAO/WHO, 1980
Café HT	> 2000	Rata – oral	Hall and Lee, 1966	FAO/WHO, 1977 a
Negro Brillante BN	> 5000	Rata – oral	Gaunt et al., 1967	FAO/WHO, 1978 b
Verde F.C.F.	> 2000	Rata – oral	Lu & Lavallo, 1964	FAO/WHO, 1985 b
Eritrosina	1895 7100 1840	Rata – oral Rata – oral Rata – oral	Lu & Lavallo, 1964 Butterworth et al., 1976 Hansen et al., 1973	FAO/WHO, 1987 b

(\*) Ruta: se refiere a la vía de ingestión del colorante, en este caso vía oral.

(\*) Especie: se refiere al animal con el cual se realiza la prueba.

**CUADRO 10. Valores De DL<sub>50</sub> para colorantes naturales según monografías FAO (mg colorante/kg peso corporal).**

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

<b>Colorantes Naturales</b>	<b>DL<sub>50</sub> (mg/kg peso corporal)</b>	<b>Especie (*) - Ruta (*)</b>	<b>Referencia</b>	<b>Fuente</b>
Annato	> 50 (liposoluble) > 35 (hidrosoluble)	Rata – oral Rata – oral	Van Esch et al., 1959 Van Esch et al., 1959	FAO/WHO, 1982 a
Antocianos	20000	Rata – oral	Pourrat et al., 1967	FAO/WHO, 1982 d
Apocarotenal	> 10000	Ratón – oral	Anónimo, 1960	FAO/WHO, 1974 a
Astaxantina	No hay información disponible			
Betaína	No se han registrado muertes al administrar dosis elevadas vía oral		Ducrey, 1959	FAO/WHO, 1970 a
Cantaxantina	10000	Ratón – oral	Hoffmann-La Roche, 1996	FAO/WHO, 1990
Carmín de Cochinilla	No hay información disponible			FAO/WHO, 1977 b
Caramelo Clase I	No hay información disponible			FAO/WHO, 1985 a
Caramelo Clase II	No hay información disponible			FAO/WHO, 1985 a
Caramelo Clase III	20400	Rata – oral	Chacharonis et al., 1963	FAO/WHO, 1985 a
Caramelo Clase IV	No hay información disponible			FAO/WHO, 1985 a
Carbón Vegetal	No hay información disponible			FAO/WHO, 1988 b
Carotenos alfa, beta y gama	> 8000	Perro – oral	Nieman et al., 1954	FAO/WHO, 1974 c
Clorofila	> 10000	Ratón – oral	Heinrich et al., 1954	FAO/WHO, 1969 b
Clorofila y sus sales de cobre	7000	Ratón – oral	Harrison et al., 1954	FAO/WHO, 1974 d
Cúrcuma	> 10000	Rata – oral	Lilja et al., 1983	FAO/WHO, 1987 a
Ester etílico del ácido beta-apo-8' carotenoico	> 10000	Ratón – oral	Anónimo, 1960	FAO/WHO, 1974 b
Dióxido de Titanio	> 12000	Rata – oral	Brown & Mastromatteo, 1962	FAO/WHO, 1969 f
Oleo resinas del pimentón	No hay información disponible			FAO/WHO, 1970 b

#### 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

Riboflavina	> 10000	Rata – oral	Unna & Greslin, 1942	FAO/WHO, 1969 e
Aluminio (polvo)	3700 (AlCl <sub>3</sub> ) 4280 (AlNO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Rata – oral Rata – oral	Spector, 1956 Spector, 1956	FAO/WHO, 1989

(\*) Ruta: se refiere a la vía de ingestión del colorante, en este caso vía oral

(\*) Especie: se refiere al animal con el cual se realiza la prueba, en la mayoría de los casos la especie usada fue rata y en aquellos casos que no existía información para ratas, se consideró el valor de DL<sub>50</sub> obtenido para ratones y perros.

**CUADRO 11. Resultados de ensayos de mutagenicidad para colorantes artificiales, registrados por FAO/OMS.**

Colorante	Especie	Concentración	Resultado	Referencia	Fuente
Negro Brillante BN	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Eritrosina	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(+)	Lück et al., 1963	FAO/OMS
Indigotina	<i>E. coli</i>	0,5 g/1,0 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Indigotina	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Ponceau 4R	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Azorrubina	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Allura Red AC	<i>S. cerevisiae</i>	5%	(-)	Brusick, 1976	FAO/OMS
Allura Red AC	<i>S. typhimirium</i>	-- (*)	(-)	Brusick, 1976	FAO/OMS
Verde F.C.F.	<i>S. typhimirium</i>	-- (*)	(-)	Brown et al., 1978	FAO/OMS
Amarillo Crepúsculo	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Amarillo de Quinoleína	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS
Amarillo de Quinoleína	<i>E. coli</i>	1,0 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960	FAO/OMS

(\*) No se registran las concentraciones utilizadas.

**CUADRO 12. Resultados de ensayos de mutagenicidad para colorantes naturales, registrados por FAO/OMS.**

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

<b>Colorante</b>	<b>Especie</b>	<b>Concentración</b>	<b>Resultado</b>	<b>Referencia</b>
Carbón Vegetal	<i>S. typhimurium</i>	-- (*)	(-)	Kirwin et al., 1981
Betaína	<i>E. coli</i>	-- (*)	(-)	Haveland-Smith, 1981
Cúrcuma	<i>S. typhimurium</i>	-- (*)	(-)	Spalding, 1983
Caramelo Clase I	<i>S. typhimurium</i>	20 uL/placa	(-)	Richol & Jones, 1980
Caramelo Clase II	<i>S. typhimurium</i>	50 – 5000 ul/placa	(-)	Richol et al., 1984
Caramelo Clase III	<i>E. coli</i>	-- (*)	(-)	Kawana et al., 1980
Caramelo Clase IV	<i>S. typhimurium</i>	1 – 50 ug/placa	(-)	Jagannath & Brusick, 1978
Caramelo Clase IV	<i>Saccharomyces</i>	1 – 50 ug/placa	(-)	Jagannath & Brusick, 1978
Cúrcuma	<i>Drosophila</i>	-- (*)	(-)	Abraham & Kesavan, 1978
Carmín de Cochinilla	<i>S. typhimurium</i>	-- (*)	(-)	Brown & Brown, 1976
Antocianos	<i>S. typhimurium</i>	-- (*)	(-)	Macgregor & Jurd, 1978
Annato	<i>E. coli</i>	0,5 g/100 mL	(-)	Lück & Rickerl, 1960
Carmín de Cochinilla	<i>B. subtilis</i>	-- (*)	(-)	Kada et al., 1972

(\*) No se registran las concentraciones utilizadas.

## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1. Características funcionales de los colorantes

#### 5.1.1. Formatos de presentación de los colorantes.

**5.1.1.1. Colorantes artificiales.** Analizando los formatos en que se comercializan, destaca la variedad de presentaciones de este tipo de colorantes. Según la información contenida en el CUADRO 4, existen 8 presentaciones distintas, de entre las cuales es posible seleccionar la que mejor se comporta según las características del producto a colorear. Así, un mismo colorante puede tener varios formatos, lo que hace que exista uno apropiado para usar según los requerimientos del proceso y del producto que se está elaborando. Esto sin mencionar la existencia de las lacas colorantes, las cuales poseen el mismo tinte que su respectivo colorante en polvo, pero en su forma no hidrosoluble, por lo que son muy útiles para colorear productos con bajo contenido de agua (NOONAN, 1980).

También es de importancia el hecho de que los colorantes artificiales, dadas sus semejanzas en cuanto a funcionalidad, formato en que se presentan y solubilidad, se pueden mezclar entre sí para dar origen a colorantes de tonalidades definidas y específicas, por ejemplo color lúcumas, damasco, mora, etc. Como resultado de esto se tiene que la gama de colores que se comercializa es muy amplia, mucho más que la

gama de colores que se fabrica.

**5.1.1.2. Colorantes naturales.** En este caso la presentación de los colorantes va desde polvo a líquido, pasando por cristales, emulsiones, pastas, suspensiones en aceite y sólidos, entre otros. Para incorporar estos colorantes a los alimentos se debe, muchas veces, en la medida de lo posible, adecuar el producto al formato de presentación del colorante, o introducir modificaciones tecnológicas que ayuden en el proceso de coloreado del producto, es decir son de uso en productos específicos, contrario a los artificiales que son de uso generalizado (FURIA, 1977).

En relación a las mezclas de colorantes, en este caso son difíciles de realizar, ya que no todos los colorantes están disponibles en los mismos formatos, por lo que sus características funcionales pueden ser muy distintas, tanto así que no sea posible obtener mezclas homogéneas y repetibles en el tiempo.

**5.1.2. Manipulación y almacenaje.** Para los colorantes sintéticos no se registran indicaciones especiales en cuanto a manipulación y almacenaje, excepto en el caso del  $\beta$ -caroteno sintético, el cual es sensible a la luz y al oxígeno, por lo que debe ser mantenido en envases resistentes a la luz y bajo gas inerte. Los restantes colorantes no requieren condiciones especiales de almacenaje.

En el caso de los colorantes naturales, aquellos derivados de carotenoides presentan alta sensibilidad frente al oxígeno y a la luz, lo que hace que requieran condiciones especiales de almacenamiento, en contenedores que no permitan el paso de la luz y bajo gas inerte para evitar las reacciones de oxidación, así la manipulación de estos colorantes debe llevarse a cabo de manera controlada para evitar alteraciones del producto.

**5.1.3. Hidrosolubilidad.** Al revisar las características de los colorantes en cuanto a solubilidad en agua, se puede observar que en el caso de los colorantes artificiales, sólo uno de ellos no es hidrosoluble, se trata del  $\beta$ -caroteno sintético, el cual, como su nombre indica, se sintetiza artificialmente y es idéntico al  $\beta$ -caroteno natural, así sus características de solubilidad son también similares (FAO/WHO, 1992 e). Se tiene entonces, que de un total de 14 colorantes artificiales, 13 son completamente solubles en agua y 1 no lo es, expresado como porcentajes sería un 92,86% soluble en agua contra 7,14% no hidrosoluble. Esta alta solubilidad en agua se debe a su condición de sales, lo que hace que en presencia de agua la molécula se disocie fácilmente.

Para los colorantes naturales la situación es distinta ya que de un total de 19, 12 de ellos no son o son escasamente hidrosolubles, contra 7 de ellos que si lo son. En términos de porcentaje sería, 63,16% no soluble en agua y 36,84% hidrosoluble. La FIGURA 33 muestra y compara la proporción de colorantes naturales y artificiales hidrosolubles.



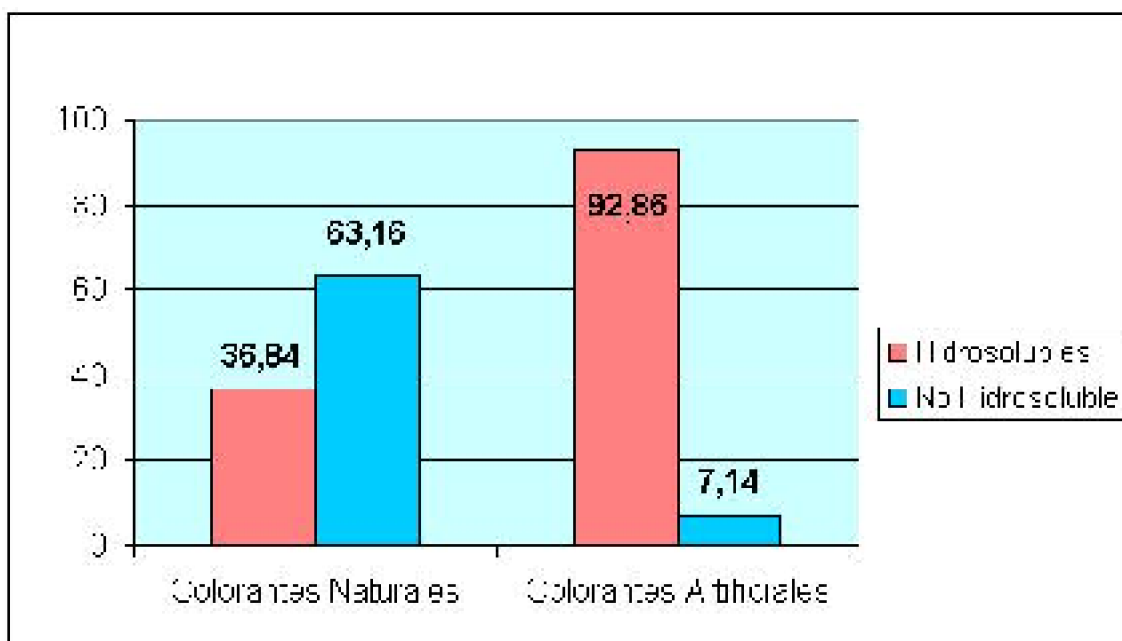


FIGURA 33. Porcentaje de colorantes naturales y artificiales, hidrosolubles y no hidrosolubles.

**5.1.4. Reproducibilidad del color.** Dado que los colorantes artificiales deben contar con certificación para cada lote fabricado, se asegura la repetibilidad de los colores obtenidos para distintos lotes de un mismo proveedor, tanto como entre proveedores (ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1993). Para producir estos colorantes los procesos son altamente automatizados y se realizan bajo estrictos estándares de calidad, asegurando así la certificación de las distintas partidas de producto (ROHA, 2003).

Los colorantes naturales no son sometidos a este proceso de certificación, por lo que la repetibilidad del color obtenido no se extiende de un proveedor a otro (SOUKUP y MAING, 1977), ya que depende de la materia prima usada y de los procesos realizados. Por ejemplo en el caso de los carotenos la extracción puede ser realizada con varios tipos de solventes (FAO/WHO, 1998 c) y cada fabricante determinará el que mejor se adecue a su proceso, con esto el producto final, colorante  $\beta$ -caroteno, que resulte de cada proceso de extracción no tiene porque ser idéntico al otro en cuanto a composición y fuerza de color, aun cuando las demás características sean similares.

**5.1.5. Sabores extraños.** Dado el origen de los colorantes naturales, es posible que en ocasiones y dependiendo de las cantidades usadas estos otorguen al producto sabores y/o aromas extraños, lo cual no es deseable ya que altera las características del producto (SOUKUP y MAING, 1977).

En el caso de los colorantes artificiales esto no ocurre ya que son sustancias de alta pureza.

## 5.2. Aspectos toxicológicos

**5.2.1. Ingesta diaria admisible (IDA).** Al observar el CUADRO 7 se aprecia que para la categoría de colorantes artificiales sólo uno de ellos no tiene asignado un valor de IDA, es decir su uso está sujeto a las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Llevado a porcentaje esto sería, con restricciones de consumo 13 de 14, vale decir 92,86% y 1 de 14 sin restricciones, lo que en porcentaje es el 7,14%.

Revisando la situación para los colorantes naturales (CUADRO 8), se tiene que 8 de 19 no cuentan con restricciones de consumo, 2 de ellos bajo la categoría de 'NO ESPECIFICADA', 3 bajo 'NO LIMITADA' y 3 se agrupan bajo 'NO ASIGNADA'. En la práctica esto implica que dichos colorantes son usados bajo los criterios de las BPM, lo que hace un porcentaje de 42,11% y los 11 restantes están sujetos a restricciones en la cantidad que se puede usar en alimentos, esto es equivalente al 57,89%. La FIGURA 34 grafica los porcentajes de colorantes naturales y artificiales con y sin restricciones de IDA.

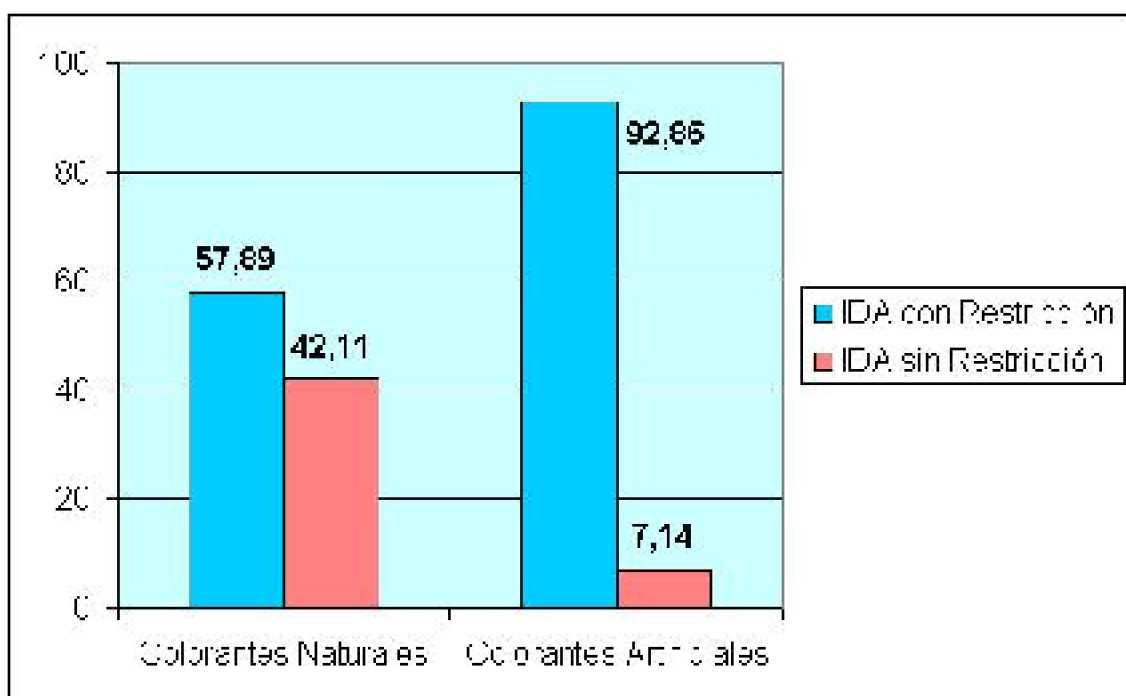


FIGURA 34. Porcentaje de colorantes naturales y artificiales con y sin restricción de ingesta diaria admisible (IDA).

Al revisar los valores de IDA establecidos tanto para colorantes artificiales como naturales, se aprecia que, exceptuando el caso del Colorante Caramelo, el rango de valores está comprendido entre 0 y 25 mg/kg peso corporal-día. El detalle de lo anterior se puede ver en la FIGURA 35, la cual recoge la información de valores de IDA para todos los colorantes. Para efectos del gráfico a aquellos que no tienen restricción de IDA se les ha asignado un valor de 200 mg/kg peso corporal-día.

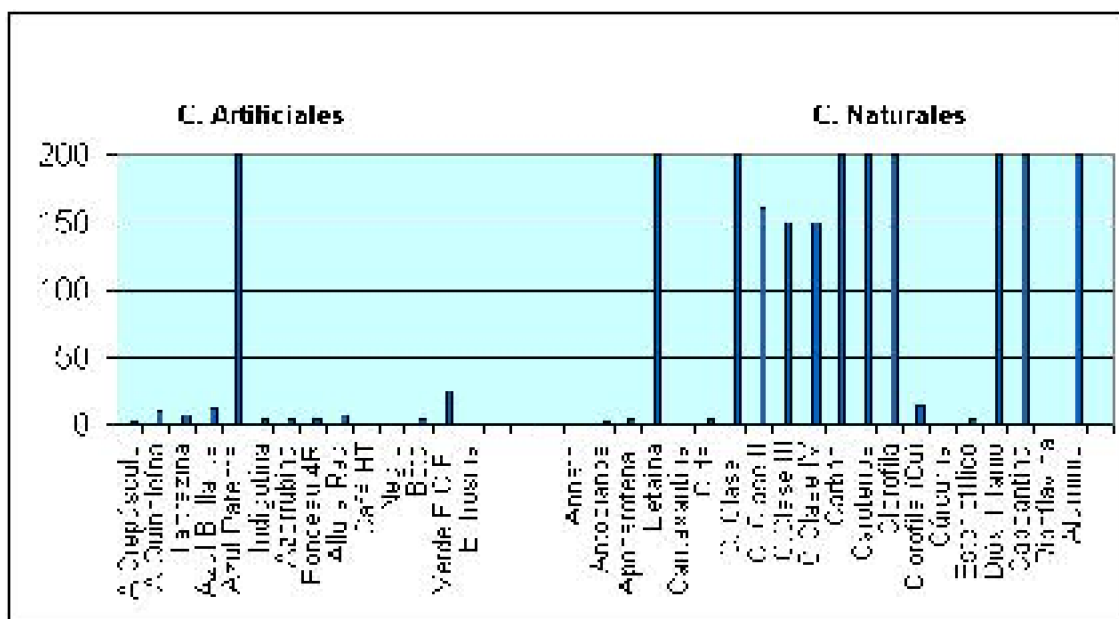


FIGURA 35. Valores de IDA para colorantes artificiales y naturales. (mg/kg peso corporal-día)

**5.2.2. Toxicidad aguda. Dosis letal media (DL<sub>50</sub>).** En los CUADROS 9 y 10 se recopila la información para colorantes artificiales y naturales, respectivamente, en cuanto a toxicidad aguda. En la mayoría de los casos la especie usada para esta determinación fue ratas y la vía de administración, la vía oral.

En el caso de los colorantes artificiales se observa que sólo en los casos de Tartrazina y Beta Caroteno Sintético, no se dispone de información para DL<sub>50</sub>. Los restantes valores se pueden ver en la FIGURA 36, en la cual se distingue claramente Azorrubina y Allura Red AC, ambos con el valor más alto de DL<sub>50</sub>, 10000 mg/kg. El valor más bajo registrado es de 2000 mg/kg y es común para Amarillo Crepúsculo, Amarillo de Quinoleína, Azul Brillante, Indigotina, Café HT y Verde F.C.F. En un rango intermedio se ubican Azul Patente V, Ponceau 4R, Negro Brillante y Eritrosina, con valores de 5000, 8000 y 3600 mg/kg.

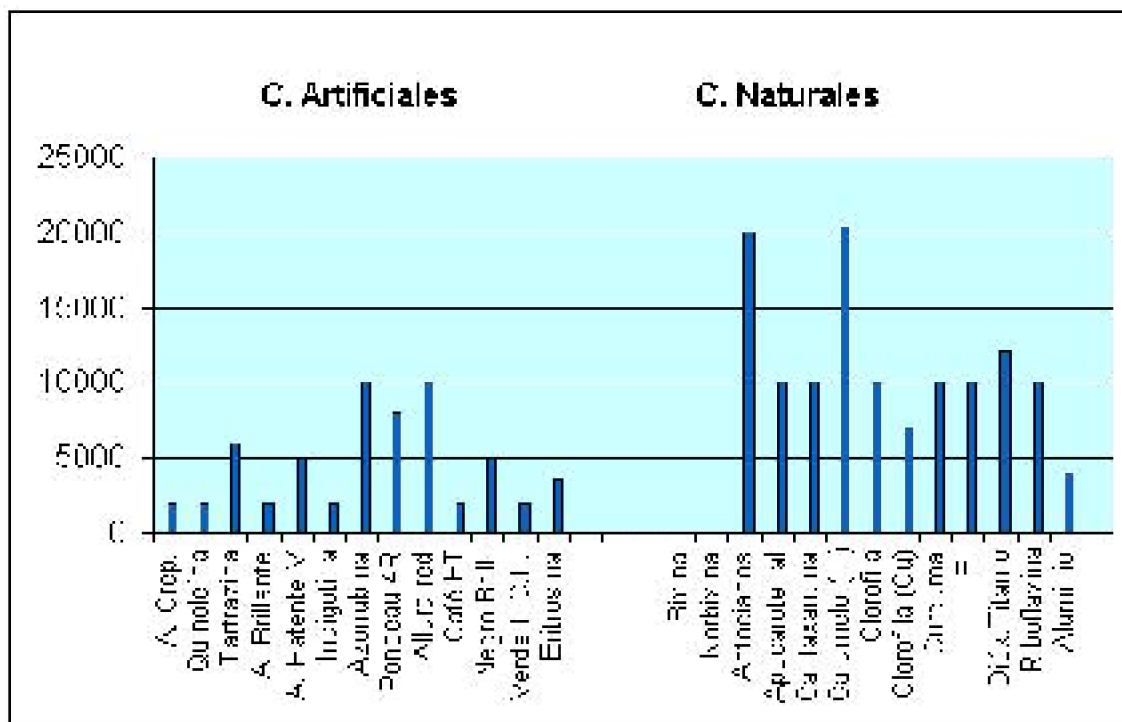


FIGURA 36. Valores de DL<sub>50</sub> para colorantes artificiales y naturales. (mg/kg peso corporal)

Para los colorantes naturales no se dispone de información relativa a toxicidad aguda para la totalidad de ellos. Los valores registrados se pueden ver en la FIGURA 36, en la cual se observa que los valores más altos de DL<sub>50</sub> son para Antocianos y Caramelo Clase III, con 20000 mg/kg, seguidos por Dióxido de Titanio con 12000 mg/kg. El siguiente nivel está en 10000 mg/kg y corresponde a Apocarotenal, Cantaxantina, Clorofila, Ester etílico del ácido beta-apo.8' carotenoico y Riboflavina. Con 7000 mg/kg están las sales de cobre de Clorofila y con 4000 mg/kg el Aluminio. El caso de Bixina y Norbixina es excepcional ya que sus valores de DL<sub>50</sub> son de 50 y 35 mg/kg respectivamente.

Al comparar los valores de DL<sub>50</sub> para colorantes Artificiales y Naturales se puede ver que en general los valores son más bajos para los Colorantes Artificiales que para los Naturales, es decir cantidades menores de los colorantes tienen efecto letal sobre el 50% de los grupos de prueba, excepto en el caso Bixina y Norbixina. Coincidiendo con lo anterior, los valores más altos registrados corresponden a Colorantes Naturales.

**5.2.3. Mutagénesis.** Al revisar la información contenida en el CUADRO 11, para colorantes artificiales, se puede ver que la concentración más usada para realizar esta prueba es de 0,5 g de colorante por 100 mL, y las pruebas se realizan principalmente usando *E. coli*.

Para Indigotina se realizaron pruebas a las concentraciones de 0,5 g/100 mL y 0,5 g/1,0 mL, en ambos casos y a pesar de lo exigente que resulta la concentración más alta, el resultado para la prueba de mutagenicidad fue negativo (FAO/WHO, 1974 e ; FAO/WHO, 1969 d).

A excepción del caso de Eritrosina no se registran valores de mutagenicidad positiva para ninguno de los colorantes de los cuales se dispone información. En este caso, el reporte informa que se evaluó su efecto mutagénico en *E. coli*, el cual arrojó un valor muy discreto, pero estadísticamente significativo. Se encontró que la molécula de xantona era por si sola la causante de este efecto (FAO/WHO, 1987 b).

Para colorantes naturales (CUADRO 12) la información disponible no reporta actividad mutagénica en ninguno de los casos estudiados. Las pruebas se realizaron en microorganismos como *E. coli*, *Salmonella*, *Saccharomyces* y *Bacillus subtilis*. También hay un registro en el cual se usó *Drosophila* como sujeto para el estudio, sin resultados positivos en cuanto a efecto mutagénico.



## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, es posible concluir que:

a) En lo relativo a propiedades funcionales los colorantes artificiales tienen un mejor desempeño que los naturales porque:

- Se presentan en diversos formatos, lo que hace que sean de uso generalizado en productos de distintas características; no así los naturales cuyos formatos de comercialización son limitados por lo que su uso es en productos específicos que se ajusten a las características del colorante.
- Dado que se presentan en formatos similares es posible realizar mezclas entre ellos y así ampliar la gama y tener colores específicos, lo cual no ocurre con los colorantes naturales porque no todos ellos están disponibles en los mismos formatos.
- Los colorantes naturales, mayoritariamente, son sensibles a la luz y a la oxidación, razón por la cual se deben almacenar en contenedores que eviten el paso de la luz y bajo gas inerte. En el caso de los artificiales esto no ocurre, lo que facilita su almacenamiento y manipulación.
- La solubilidad en agua de los colorantes naturales es muy limitada, lo que hace que no puedan ser ampliamente usados, contrario a lo que ocurre con los artificiales, los cuales no presentan dificultades para ser incluidos en formulaciones de diversa naturaleza.
- El hecho de que cada partida de colorante artificial deba ser certificada por la FDA,

hace que se aseguren las características de fuerza, consistencia, calidad y seguridad de los mismos, no solo entre partidas de un mismo fabricante, sino también entre fabricantes. Los colorantes naturales al no contar con esta certificación, no aseguran la reproducibilidad de características entre un lote y otro ni de un fabricante a otro.

- Por ser compuestos de alta pureza, los colorantes artificiales no imparten sabores ni aromas no deseados al producto, en cambio algunos colorantes naturales poseen olor y/o sabor, los cuales pueden ser traspasados al producto alterando sus características originales.

b) Analizando los aspectos toxicológicos se tiene que:

- Los valores de IDA para los colorantes artificiales y naturales están dentro del rango de 0 a 25 mg/kg peso corporal·día, exceptuando el caso del colorante Caramelo. La diferencia entre ambas categorías la hace el porcentaje de colorantes naturales que puede ser consumido sin restricción (42,11%), el cual es mucho mayor que el de los colorantes artificiales (7,14%), esto debido a su presencia de manera natural en algunos alimentos, por lo que la cantidad que pueda ingerirse al ser incorporado a otros alimentos no es significativa contra aquella que se ingiere por vía natural, ejemplo de esto son clorofila y carotenos.
- La toxicidad aguda de los colorantes artificiales es mayor, esto dado por los valores del parámetro  $DL_{50}$ , que registra valores menores que los colorantes naturales, exceptuando el caso de Bixina y Norbixina.
- En cuanto a mutagenicidad de los colorantes, el único que ha resultado positivo en los estudios realizados es Eritrosina. Los restantes analizados, tanto naturales como artificiales han demostrado no tener efecto mutagénico.

De lo anterior se concluye que al momento de desarrollar un producto y seleccionar un colorante para éste los puntos que deben ser considerados son:

- Las características funcionales y tecnológicas, donde resultan mejor evaluados los colorantes artificiales que los naturales.

- También han de evaluarse los aspectos toxicológicos. En este caso a excepción del colorante Eritrosina, el cual se ha demostrado que posee actividad mutagénica, los restantes autorizados por el Reglamento Sanitario de los Alimentos no resultan cuestionables.

Así, la decisión de qué colorante usar dependerá de las características del producto que se esté desarrollando, tanto funcionales como de orientación al mercado, preferencias de los consumidores, políticas de la empresa que lo fabrique y de la legislación vigente en relación al uso de colorantes.



---

## BIBLIOGRAFIA

- ARILLA, 1999. Vitaminas Hidrosolubles. En: Tratado de Nutrición. Hernández, M. y Sastre, A. Ediciones Díaz de Santos S.A., Madrid, España.
- BADUI, 1999. Química de los Alimentos. Editorial Alambra S.A. México. 648 p.
- CHILE. COMISION NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONICYT). FONDE DE FOMENTO AL DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO (FONDEF). Proyecto D97F1035. 1997.  
<http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/97/F/D97F1035.HTML> . (15-04-2004)
- CHILE. FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO. FONTEC, 2002. (15-12-2004).  
<http://www.fontec.cl/proyectosdestacados/compendio/pesca/salmon.pdf>
- CHILE. INSTITUTO DE ESTUDIOS SALUD NATURAL. (IESN). Agosto, 2001. (01-10-2003). <http://www.geocities.com/iesnchile/aditivos.html>
- CHILE. INSTITUTO DE NUTRICION Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS. INTA, 2004. (09-01-2004). [http://www.inta.cl/revista/detalle.asp?codigo\\_revista=3&ld=13](http://www.inta.cl/revista/detalle.asp?codigo_revista=3&ld=13)
- CHILE. MINISTERIO DE SALUD. 2002. Reglamento Sanitario de los Alimentos. D. S. N° 977. Registro N° 125.130. Ediciones Publibey. Santiago. Chile.
- ESPAÑA. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. (CSIC). Oficina de Transferencia Tecnológica (OTT). Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de la Delegación del CSIC en Cataluña. Diciembre,

2003. (15-12-2003). <http://www.dicat.csic.es/rdcsic/rdbi18esp.htm>
- ESPAÑA. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS. (CSIC). Oficina de Transferencia Tecnológica (OTT). Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de la Delegación del CSIC en Cataluña. Diciembre, 2003. (15-12-2003). <http://www.dicat.csic.es/rdcsic/rdbi18esp.htm>
- ESPAÑA. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE). Diccionario de la Lengua Española, 2001. (20-11-2003). [www.rae.es](http://www.rae.es)
- ESPAÑA. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. UNIZAR, 1998. Glosario de Términos. Dosis Letal Media. (09-01-2004). [http://unizar.es/guiar/1/General/Def\\_DL50.htm](http://unizar.es/guiar/1/General/Def_DL50.htm)
- ESTADOS UNIDOS. AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (CAS). Enero, 2004. (10-01-2004). [www.cas.org](http://www.cas.org)
- ESTADOS UNIDOS. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. FDA. Food Color Facts. Enero, 1993. (20-11-2003). <http://vm.cfsan.fda.gov/~lrd/colorfac.html>
- ESTADOS UNIDOS. ZARC<sup>MR</sup> INTERNATIONAL, INC. Maryland. 1999. (10-01-2004). [http://www.zarc.com.espanol/tear\\_gases/backgroundsp.html](http://www.zarc.com.espanol/tear_gases/backgroundsp.html)
- EUROPEAN FOOD INFORMATION COUNCIL. EUFIC. Enero, 2004. (09-01-2004). [http://www.eufic.org/sp/quickfacts/aditivos\\_alimentarios.htm](http://www.eufic.org/sp/quickfacts/aditivos_alimentarios.htm)
- FAO/WHO, 2002. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (20-11-2003). <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html>
- FAO/WHO, 2001 a. Codex Alimentarius. (20-11-2003). [http://www.codexalimentarius.net/jecfa\\_es.stm](http://www.codexalimentarius.net/jecfa_es.stm)
- FAO/WHO, 2001 b. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on food Additives. (20-11-2003). <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html> . <http://www.fao.org/es/esn/jecfa/database/cover.htm>
- FAO/WHO, 2001 c. Curcumin. 57<sup>th</sup> JECFA. (2001). Published in FNP 52 Add 9. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0467.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0467.htm)
- FAO/WHO, 2000 a. Caramel Colours. 55<sup>th</sup> JECFA (2000). Published in FNP 52 Add 8. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/8/additive-0800.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/8/additive-0800.htm)
- FAO/WHO, 2000 b. Carmines. 55<sup>th</sup> JECFA (2000). Published in FNP 52 Add 8. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/8/additive-0801.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/8/additive-0801.htm)
- FAO/WHO, 1998 a. Aluminium Powder. 51<sup>st</sup> JECFA (1998). Published in FNP 52 Add 6. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/6/additive-0690.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/6/additive-0690.htm)
- FAO/WHO, 1998 b. Canthaxanthin. 51<sup>st</sup> JECFA (1998). Published in FNP 52 Add 6. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/6/additive-0695.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/6/additive-0695.htm)
- FAO/WHO, 1998 c. Carotenes (Vegetable). 51<sup>st</sup> JECFA (1998). Published in FNP 52 Add 6. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/6/additive-0699.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/6/additive-0699.htm)
- FAO/WHO, 1996. Annatto Extracts (oil- and alkali-extracted). 46<sup>th</sup> JECFA (1996). Published in FNP 52 Add 4. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/4/additive-0605.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/4/additive-0605.htm)
- FAO/WHO, 1993. Erythrosine. 41<sup>st</sup> JECFA (1993). Published in FNP 52 Add 2. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/2/additive-0529.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/2/additive-0529.htm)

- 
- FAO/WHO, 1992 a. Allura Red AC. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0010.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0010.htm)
- FAO/WHO, 1992 b. Azorubine. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0047.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0047.htm)
- FAO/WHO, 1992 c. Beta-apo-8'-Carotenal. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0039.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0039.htm)
- FAO/WHO, 1992 d. Beta-apo-8'-carotenoic acid ethyl ester. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0040.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0040.htm)
- FAO/WHO, 1992 e. Beta carotenes, synthetic. 31<sup>st</sup> JECFA (1987). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0113.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0113.htm)
- FAO/WHO, 1992 f. Beet Red. 31<sup>st</sup> JECFA (1987). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0048.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0048.htm)
- FAO/WHO, 1992 g. Brilliant Black BN. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0058.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0058.htm)
- FAO/WHO, 1992 h. Brilliant Blue FCF. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0059.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0059.htm)
- FAO/WHO, 1992 i. Brown HT. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0063.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0063.htm)
- FAO/WHO, 1992 j. Chlorophylls, Copper complexes. 31<sup>st</sup> JECFA (1987). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0125.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0125.htm)
- FAO/WHO, 1992 k. Chlorophylls. 31<sup>st</sup> JECFA (1987). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0124.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0124.htm)
- FAO/WHO, 1992 l. Fast Green FCF. 30<sup>th</sup> JECFA (1986). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0187.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0187.htm)
- FAO/WHO, 1992 m. Grape Skin Extract. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0211.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0211.htm)
- FAO/WHO, 1992 n. Indigotine. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0227.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0227.htm)
- FAO/WHO, 1992 o. Paprika Oleoresin. 35<sup>th</sup> JECFA (1989). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0297.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0297.htm)
- FAO/WHO, 1992 p. Patent Blue V. 31<sup>st</sup> JECFA (1987). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0299.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0299.htm)
- FAO/WHO, 1992 q. Ponceau 4R. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0324.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0324.htm)
- FAO/WHO, 1992 r. Quinoline Yellow. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0366.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0366.htm)
- FAO/WHO, 1992 s. Riboflavin. 31<sup>st</sup> JECFA (1987). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0373.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0373.htm)
- FAO/WHO, 1992 t. Sunset Yellow FCF. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0435.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0435.htm)
-

- FAO/WHO, 1992 u. Tartrazine. 28<sup>th</sup> JECFA (1984). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0442.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0442.htm)
- FAO/WHO, 1992 v. Titanium Dioxide. 39<sup>th</sup> JECFA (1992). Published in FNP 52 Add 1. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/1/additive-0512.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/1/additive-0512.htm)
- FAO/WHO, 1992 w. Vegetable Carbon. 37<sup>th</sup> JECFA. (1990). Published in FNP 52. (09-11-2003). [http://apps3.fao.org/jecfa/additive\\_specs/docs/0/additive-0469.htm](http://apps3.fao.org/jecfa/additive_specs/docs/0/additive-0469.htm)
- FAO/WHO, 1990. JECFA - Monographs & Evaluations. Canthaxanthin. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v26je06.htm>
- FAO/WHO, 1989. JECFA - Monographs & Evaluations. Aluminium Powder. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je07.htm>
- FAO/WHO, 1988 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Beet Red. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v22je08.htm>
- FAO/WHO, 1988 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Vegetable Carbon. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v22je10.htm>
- FAO/WHO, 1987 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Curcumin. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v21je06.htm>
- FAO/WHO, 1987 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Erythrosine. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v21je07.htm>
- FAO/WHO, 1987 c. JECFA - Monographs & Evaluations. Fast Green F.C.F. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v21je08.htm>
- FAO/WHO, 1985 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Caramel Colours. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v20je11.htm> .
- FAO/WHO, 1985 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Fast Green F.C.F. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v20je12.htm>
- FAO/WHO, 1983 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Azorubine. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v18je03.htm>
- FAO/WHO, 1983 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Ponceau 4R. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v18je12.htm>
- FAO/WHO, 1982 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Annatto Extracts. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je03.htm>
- FAO/WHO, 1982 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Carmines. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je07.htm>
- FAO/WHO, 1982 c. JECFA - Monographs & Evaluations. Curcumin. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je30.htm>
- FAO/WHO, 1982 d. JECFA - Monographs & Evaluations. Grape Skin Extract. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je05.htm>
- FAO/WHO, 1982 e. JECFA - Monographs & Evaluations. Sunset Yellow. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v17je29.htm>
- FAO/WHO, 1981. JECFA - Monographs & Evaluations. Carmines. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v16je09.htm>
- FAO/WHO, 1980. JECFA - Monographs & Evaluations. Allura Red AC. (02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v15je02.htm>

- 
- FAO/WHO, 1978 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Azorubine. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v13je03.htm>
- FAO/WHO, 1978 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Brilliant Black BN.  
(02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v13je04.htm>
- FAO/WHO, 1977 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Brown HT. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v12je11.htm>
- FAO/WHO, 1977 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Carmines. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v12je13.htm>
- FAO/WHO, 1975. JECFA - Monographs & Evaluations. Quinoline Yellow. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je28.htm>
- FAO/WHO, 1974 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Beta-apo-8'-Carotenal.  
(02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je14.htm>
- FAO/WHO, 1974 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Beta-apo-8'-carotenoic acid  
ethyl ester. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je16.htm>
- FAO/WHO, 1974 c. JECFA - Monographs & Evaluations. Carotenes. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je15.htm>
- FAO/WHO, 1974 d. JECFA - Monographs & Evaluations. Chlorophylls, Copper  
complexes. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je17.htm>
- FAO/WHO, 1974 e. JECFA - Monographs & Evaluations. Indigotine. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je22.htm>
- FAO/WHO, 1974 f. JECFA - Monographs & Evaluations. Patent Blue V. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je25.htm>
- FAO/WHO, 1970 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Beet Red. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v06je10.htm>
- FAO/WHO, 1970 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Paprika Oleoresin.  
(02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48aje10.htm>
- FAO/WHO, 1969 a. JECFA - Monographs & Evaluations. Brilliant Blue. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46aje08.htm>
- FAO/WHO, 1969 b. JECFA - Monographs & Evaluations. Chlorophylls. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46aje03.htm>
- FAO/WHO, 1969 c. JECFA - Monographs & Evaluations. Indigotine. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46aje14.htm>
- FAO/WHO, 1969 d. JECFA - Monographs & Evaluations. Quinoline Yellow.  
(02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46aje18.htm>
- FAO/WHO, 1969 e. JECFA - Monographs & Evaluations. Riboflavin. (02-01-2004).  
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46aje06.htm>
- FAO/WHO, 1969 f. JECFA - Monographs & Evaluations. Titanium Dioxide.  
(02-01-2004). <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v46aje19.htm>
- HUGHES, C. 1994. The Additives Guide. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Pp. 15 -  
22.

LUTEIN BUREAU INFORMATION. Diciembre, 2003. (15-12-2003).

[http://www.luteininfo.com/spanish/body\\_what\\_is\\_lutein.shtml](http://www.luteininfo.com/spanish/body_what_is_lutein.shtml)

MADRID, A. 1992. Los Aditivos en los Alimentos. Mundi-Prensa Libros, S.A., Madrid, España. 251 p.

MICROSOFT, Biblioteca de Consulta Encarta, 2003. Enciclopedia Encarta. Biblioteca de Consulta Microsoft. 2003.

NOONAN, J. 1980. Color Additives in Food. En: CRC Handbook of food Additives. Furia, T. CRC Press, Boca Ratón, USA. Pp. 587 – 615.

ROHA<sup>MR</sup> DYECH<sup>MR</sup>EM LIMITED, 2003. Food Colour/Lake Pigment Guide & Specifications. Pragati. Mumbai, India. 2002. [www.rohadyechem.com](http://www.rohadyechem.com)

SECCO, A. 1994. Colorantes Sintéticos y Naturales para Uso en Alimentos. Alimentos, Revista de la Sociedad Chilena de Tecnología de Alimentos, 19(3): 31-39.

SOUKUP, R.J. y YOUNG, I. 1977. En: Current Aspects of food Colorant. Furia, T. CRC Press Inc., Cleveland, USA. Pp. 77 – 84.

# ANEXOS

## **Anexo 1. Especificaciones químicas de colorantes artificiales**

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

Colorante	Nombre Químico	Número CAS (*)	Fórmula Química	Peso Molecular
AMARILLO CREPUSCULO	6-hidroxi-5-(4-sulfonatofenilazo)-2-naftaleno sulfonato disódico	2783-94-0	$C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$	452,38
AMARILLO DE QUINOLEINA	2-(1,3-dioxo-2-indanil)-6,8-quinolinasulfonato disódico o 2-(2-quinolil)-indan-1,3-dienodisulfonato disódico	8004-72-0	$C_{18}H_9NNa_2O_8S_2$	477,38
TARTRAZINA	5-hidroxi-1-(4-sulfonatofenil)-4-(4-sulfonatofenilazo)-H-pirazol-3-carboxilato trisódico	1934-21-0	$C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$	534,37
AZUL BRILLANTE	3-[N-etil-N-[4-[[4-[N-etil-N-(3-sulfonatobencilamino)fenil](2-sulfonatofenil)metileno]-2,5-ciclohexadieno-1-ilideno]fenil]amino]benzeno sulfonato disódico	3488-45-0	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$	712,65
AZUL PATENTE V	Sal cálcica o sódica de 2-[(4-dietilaminofenil)(4-dietilimino-2,5-ciclohexadieno-1-ilideno)metileno]benzeno sulfonato de Sodio:	3536-49-0	Sal de Calcio: $C_{27}H_{31}N_2O_7S_2Na$	Sal de Calcio: 574,52 Sal de Sodio: 582,
INDIGOTINA	3,3'-dioxo-[delta <sup>2,2'</sup> -biindolina]-5,5'-disulfonato disódico	8002-0 (5,5' isómero)	$C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$	466,36

Continuación Anexo 1

Colorante	Nombre Químico	Número CAS (*)	Fórmula Química	Peso Molecular
AZORRUBINA	4-hidroxi-3-(4-sulfonato-1-naftilazo)-1-naftaleno sulfonato disódico	3537-69-9	$C_{20}H_{12}N_2Na_2O_7S_2$	502,44
PONCEAU 4R	2-hidroxi-1-(4-sulfonato-1-naftilazo)-6,8-naftaleno disulfonato trisódico	2611-92-7	$C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3 \cdot 1.5H_2O$	631,51
ALLURA RED AC	6-hidroxi-5-(2-metoxi-5-metil-4-sulfonato-2-fenilazo)-2-naftaleno sulfonato disódico	2595-17-0	$C_{18}H_{14}N_2Na_2O_8S_2$	496,43
CAFE HT	4,4'-(2,4-dihidroxi-5-hidroximetil-1,3-fenileno)bis(2-di-1-naftaleno sulfonato disódico)	453-89-2	$C_{27}H_{18}N_4Na_2O_9S_2$	652,57
NEGRO BRILLANTE BN	4-acetamido-5-hidroxi-6-[7-sulfonato-4-(2-sulfonatofenilazo)-1-naftilazo]1,7,8-trifluoro-dibenzimidazol-2(1H)-ona tetrasódico	2519-30-4	$C_{28}H_{17}F_3N_5O_4S_4$	677,69
BETA CAROTENO SINTETICO	$\beta$ -Caroteno, $\beta,\beta$ -caroteno	7235-40-7	$C_{40}H_{56}$	536,88
VERDE F.C.F.	3-[N-etil-N-[4-[[4-[N-etil-N-(3-sulfonatobencilamino)fenil](4-hidroxi-2-sulfonatofenil)metileno]-2,5-ciclohexadieno-1-ilideno]fenil]amoniometil]-benceno sulfonato disódico	2653-43-9	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_{10}S_3$	808,86
ERITROSINA	Sal disódica de 9-(o-carboxifenil)-6-hidroxi-2,4,5,7-tetraiodo-3-isoxantona monohidrato	16423-68-0	$C_{20}H_6I_4Na_2O_5 \cdot H_2O$	897,88



(\*) NUMERO CAS: se refiere a números del registro de 'Chemical Abstract Service' (CAS), el cual se asigna a una sustancia cuando se incorpora a la base de datos del registro del CAS. Se asignan en orden secuencial a las sustancias únicas, nuevas, identificadas por los científicos del CAS para la inclusión en su base de datos. FUENTE CAS, (2004).

## Anexo 2. Especificaciones químicas de colorantes naturales

Colorante	Nombre Químico	Número CAS	Fórmula Química	Peso Molecular (g/mol)	Fuente
ANNATO	Bixina: ácido 9'-cis-6,6'-diapocaroteno-6,6'-dioico, mono-metil ester; ácido 9'-trans-6,6'-diapocaroteno-6,6'-dioico, mono-metil ester Norbixina: 6'-Metilhidrogeno-9'-cis-6,6'-diapocaroteno-6,6'-dioato, Na or K; 6'-Metilhidrogeno-9'-trans-6,6'-diapocaroteno-6,6'-dioato, Na o K	1393-63-6	Bixina: $C_{25}H_{30}O_4$ Norbixina: $C_{24}H_{28}O_4$ or $C_{24}H_{28}K$ 2 0 4	Bixina: 458,68 (sal sódica) 426,46 (sal potásica)	FAO/WHO, 1996 1992 a
ANTOCIANOS	Los principales materiales colorantes son antocianos, glucosidos de antocianidinas tales como peonidina, malvidina, delphinidina, y petunidina.		Peonidina: $C_{16}H_{13}O_6$ Malvidina: $C_{17}H_{15}O_7$ Delphinidina: $C_{15}H_{11}O_7$ Petunidina: $C_{16}H_{13}O_7$	Peonidina: 336,7 Malvidina: 366,7 Delphinidina: 366,7	FAO/WHO, 1992 m
BETA-APO-8 CAROTENAL	$\beta$ -Apo-8'-carotenal, 8'-apo- $\beta$ -caroteno-al	1107-26-2	$C_{30}H_{40}O$	416,5	FAO/WHO, 1992 c
ASTAXANTINA	3,3'-dihidroxi-beta-caroteno-4,4'-diona				
BETAINA	1-[2-(2,6-dicarboxi-1,2,3,4-tetrahidro-2-piridino-5-etilideno)-5- $\beta$ -D-glucopirano-siloxi]-6-hidroxiindolio-2-carboxilato (betanina)	759-95-2	$C_{24}H_{26}N_2O_{13}$	550,48	FAO/WHO, 1992 f
CANTAXANTINA	$\beta$ -Caroteno-4,4'-diona; 4,4'-dioxo- $\beta$ -caroteno	514-78-3	$C_{40}H_{52}O_2$	564,86	FAO/WHO, 1998 b

Continuación Anexo 2

Colorante	Nombre Químico	Número	Fórmula	Peso	Fuente
-----------	----------------	--------	---------	------	--------

**Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico**

		CAS	Química	Molecular	(g/mol)
CARMIN DE COCHINILLA	Quelato aluminico hidratado del ácido (7-beta-D-glucopiranosil-3,5,9,6'-tetraacetato-10-etil-20-oxo-antraceno-2-carboxilico	Carmín de cochinilla: 50065-40 Carmínico: 1260-17-9	Acido Carmínico: $C_{20}H_{13}O_{13}$	Acido Carmínico: 492,39	FAO/WHO, 2000 b
CARBON VEGETAL	Carbón		C	12,01	FAO/WHO, 1992 w
CAROTENOS ALFA, BETA Y GAMA	Alfa, Beta y Gama Carotenos	7235-40-7	$C_{40}H_{56}$ (β-Caroteno)	536,88 (β-Caroteno)	FAO/WHO, 1998 c
CLOROFILA	Fitol (13 <sup>2</sup> R,17S,18S)-3-(8-etil-[at]-porfirin-17-il)propionato de la	Complejo de la clorofila: 479-61-8	Clorofila: $C_{55}H_{72}MgN_4O_5$	Clorofila: 893,51	FAO/WHO, 1992 b
CLOROFILA Y SUS SALES DE COBRE	Fitol (13 <sup>2</sup> R,17S,18S)-3-(8-etil-[at]-porfirin-17-il)propionato de cobre (II)	65963-40-8	$C_{55}H_{72}Cu$	932,75	FAO/WHO, 1992 j
CURCUMA	1,7-Bis-(4-hidroxi-3-metoxi-6-hepta-	450-17-7	$C_{21}H_{20}O_6$	368,39	FAO/WHO, 2001 c
ESTER ETILICO DEL ACIDO BETA-APO-8' CAROTENOICO	Ester etílico del ácido β-Apo-8'-carotenoico	1109-11-1	$C_{32}H_{44}O_2$	460,70	FAO/WHO, 1992 d

Continuación Anexo 2

Colorante	Nombre Químico	Número CAS	Fórmula Química	Peso Molecular	Fuente (g/mol)
DIOXIDO DE TITANIO	Dióxido de Titanio	13463-67-0	$TiO_2$	79,88	FAO/WHO, 1992 v
OLEO RESINAS DEL PIMENTON	Capsantina: (3R,3'S,5'R)-3,3'-dihidroxi-beta,kappa-caroteno-6,6'-dione	68917-78-2	$C_{40}H_{56}O_3$	584,85	FAO/WHO, 1992 o
RIBOFLAVINA	7,8-dimetil-10-[(2S,3S,4R)-2,3,4-trihidroxi-4-fenil-2,4-diona	83-88-5	$C_{17}H_{20}N_4O_6$	376,37	FAO/WHO, 1992 s
ALUMINIO	Aluminio	7429-90-5	Al	26,98	FAO/WHO, 1998 a
LUTEINA	3,3'-dihidroxi-d-caroteno		$C_{40}H_{52}O_2$	568,88	

(\*) NUMERO CAS: se refiere a números del registro de 'Chemical Abstract Service'

(CAS), el cual se asigna a una sustancia cuando se incorpora a la base de datos del registro del CAS. Se asignan en orden secuencial a las sustancias únicas, nuevas, identificadas por los científicos del CAS para la inclusión en su base de datos.

FUENTE: CAS, (2004).

### Anexo 3. Criterios de pureza para colorantes artificiales

Colorante	Pérdida al secar (135°C) (%)	Material Insoluble en Agua (%)	Arsénico (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Metales Pesados (mg/kg)	Fuente (mg/kg)
AMARILLO CREPUSCULO	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 t
AMARILLO DE QUINOLEINA	< 30	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 r
TARTRAZINA	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 u
AZUL BRILLANTE	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 h
AZUL PATENTE V	< 15	< 0.5	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 p
INDIGOTINA	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 n
AZORRUBINA	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 b

Continuación Anexo 3

<b>Colorante</b>	<b>Pérdida al secar (135°C) (%)</b>	<b>Material Insoluble en Agua (%)</b>	<b>Arsénico (mg/kg)</b>	<b>Plomo (mg/kg)</b>	<b>Metales Pesados (mg/kg)</b>	<b>Fuente (mg/kg)</b>
PONCEAU 4R	< 20	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 q
ALLURA RED AC	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 a
CAFE HT	< 30	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 i
NEGRO BRILLANTE BN	< 20	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 g
BETA CAROTENO SINTETICO	-	-	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 e
VERDE F.C.F.	< 15	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1992 l
ERITROSINA	< 13	< 0.2	< 3	< 10	< 40	FAO/WHO, 1993

(-) No registra información

## **Anexo 4. Criterios de pureza para colorantes naturales**

Colorante	Pérdida al secar (135°C) (%)	Material Insoluble en Agua (%)	Arsénico (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Plomo y Pesados (mg/kg)	Fuente (mg/kg)
ANNATO	-	-	< 3	-	< 40			FAO/WHO, 1996
ANTOCIANOS	-	-	< 3	< 10	< 40			FAO/WHO, 1992 m
BETA-APO-8 CAROTENAL	-	-	< 3	< 10	< 40			FAO/WHO, 1992 c
BETAINA	-	-	< 3	< 10	< 40			FAO/WHO, 1992 f
CANTAXANTINA	< 20	-	-	< 2	-			FAO/WHO, 1998 b
CARAMELO	< 13	< 0.2	< 3	< 10	< 40			FAO/WHO, 2000 a
CARBON VEGETAL	< 12 (120°C)	-	< 3	< 10	-			FAO/WHO, 1992 w
CAROTENOS ALFA,BETA Y GAMA	-	-	-	< 5	-			FAO/WHO, 1998 c
CLOROFILA	-	-	< 3	< 10	-			FAO/WHO, 1992 k
CLOROFILA Y SUS SALES DE COBRE	-	-	< 3	< 10	-			FAO/WHO, 1992 j

Continuación Anexo 4

Colorante	Pérdida al secar (135°C) (%)	Material Insoluble en Agua (%)	Arsénico (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Plomo y Pesados (mg/kg)	Fuente (mg/kg)
CURCUMA	-	-	-	< 2	-			FAO/WHO, 2001 c
ESTER ETILICO DEL ACIDO BETA-APO-8' CAROTENOICO	-	-	< 3	< 10	< 40			FAO/WHO, 1992 d
DIOXIDO DE TITANIO	< 0.5 (105°C)	-	< 3	< 10	-			FAO/WHO, 1992 v
OLEO RESINAS DEL PIMENTON	-	-	< 3	< 10	< 40			FAO/WHO, 1992 o
RIBOFLAVINA	< 1.5% (105°C)	-	< 3	< 10	-			FAO/WHO, 1992 s
ALUMINIO	< 0.5% (105°C)	-	< 3	< 20	-			FAO/WHO, 1998 a

(-) No se registra información

