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

4. PRESENTACION DE RESULTADOS

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 .

Profesor Informante . .

RESUMEN .

1. INTRODUCCION .

2. REVISION BIBLIOGRAFICA . .

3. MATERIAL Y METODO . .

4. PRESENTACION DE RESULTADOS . . 1

4.1. Colorantes artificiales . 1

4.2. Colorantes naturales . 11

4.3. Aspectos toxicológicos . . 26

5. DISCUSION DE RESULTADOS .

6. CONCLUSIONES . .

BIBLIOGRAFIA .

ANEXOS .

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.

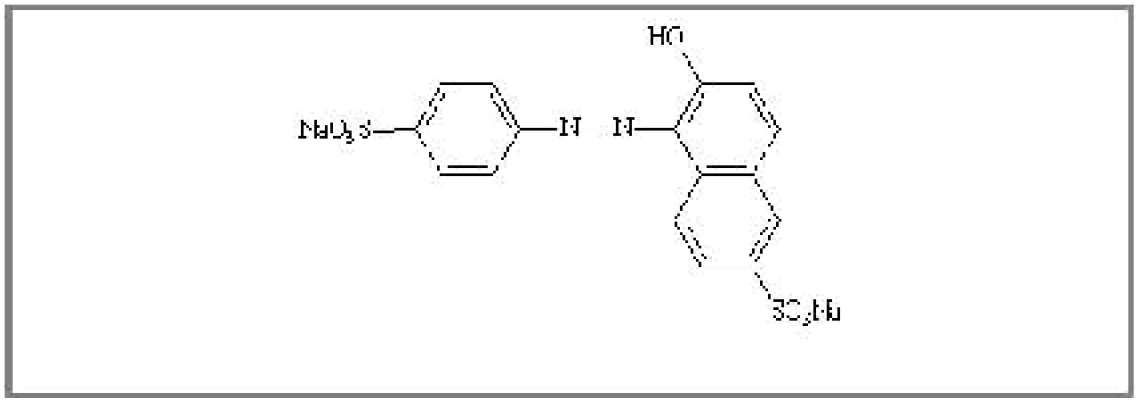

FIGURA 1. Estructura de amarillo crepúsculo.

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).

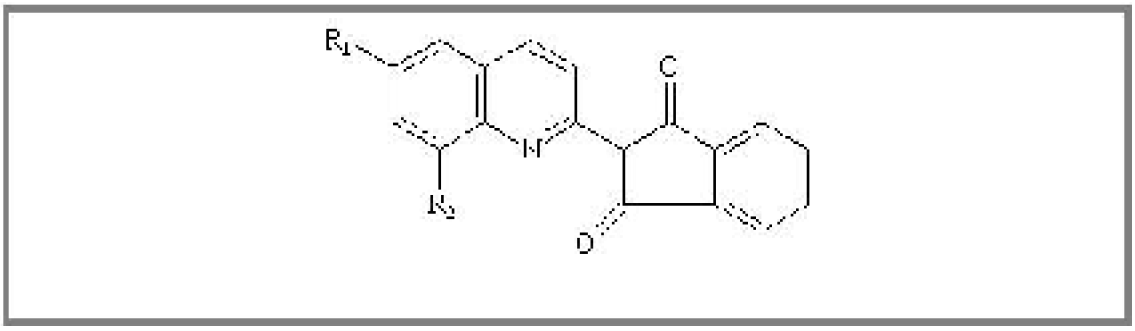

FIGURA 2. Estructura de amarillo de quinoleína.

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 naranjo 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).

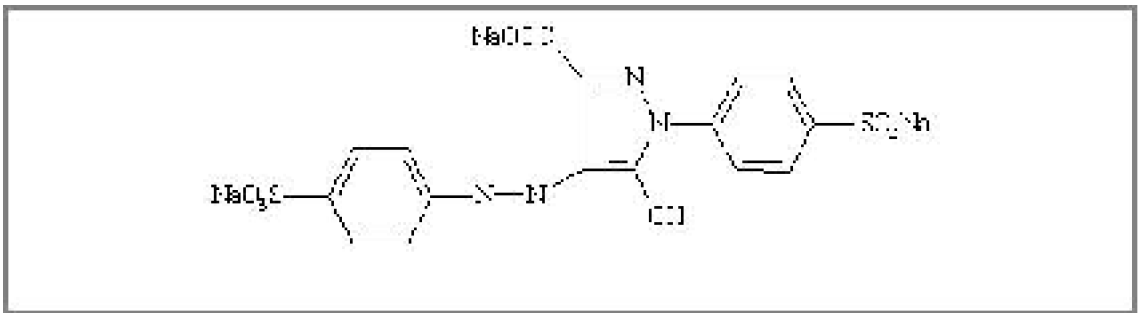

FIGURA 3. Estructura de tartrazina.

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 □-(4-(N-etil-3-sulfonato-bencilamino)-fenil)-□-(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-bencenodisulfonat (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).

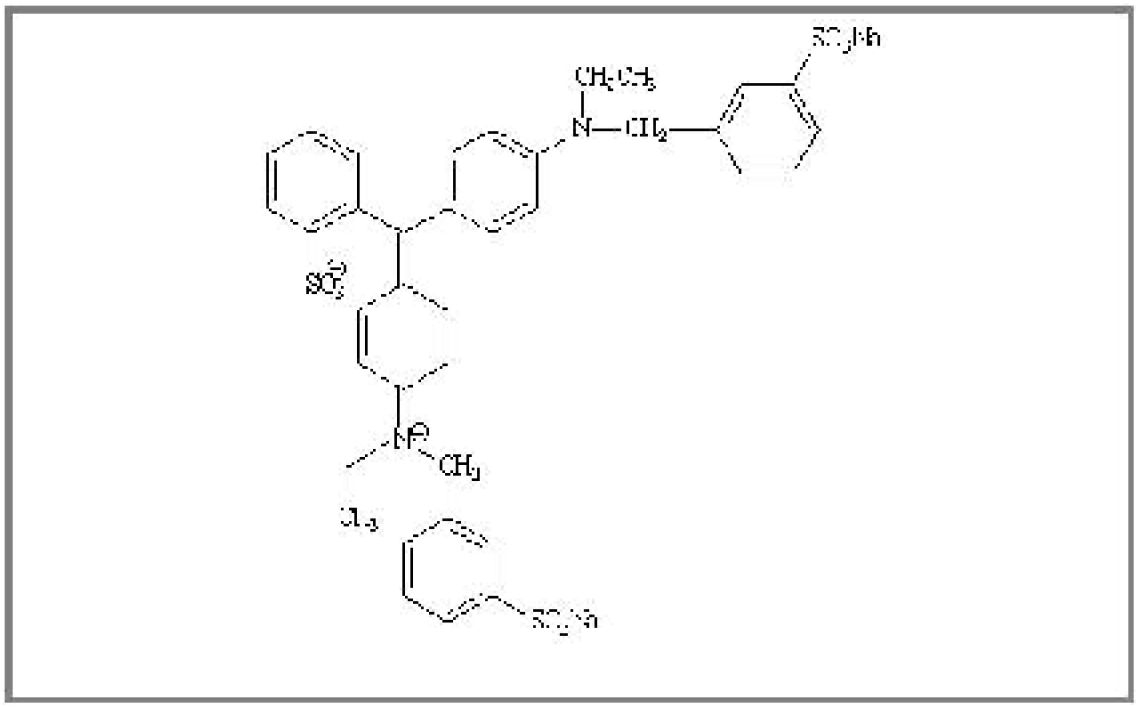

FIGURA 4. Estructura de azul brillante.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 h).

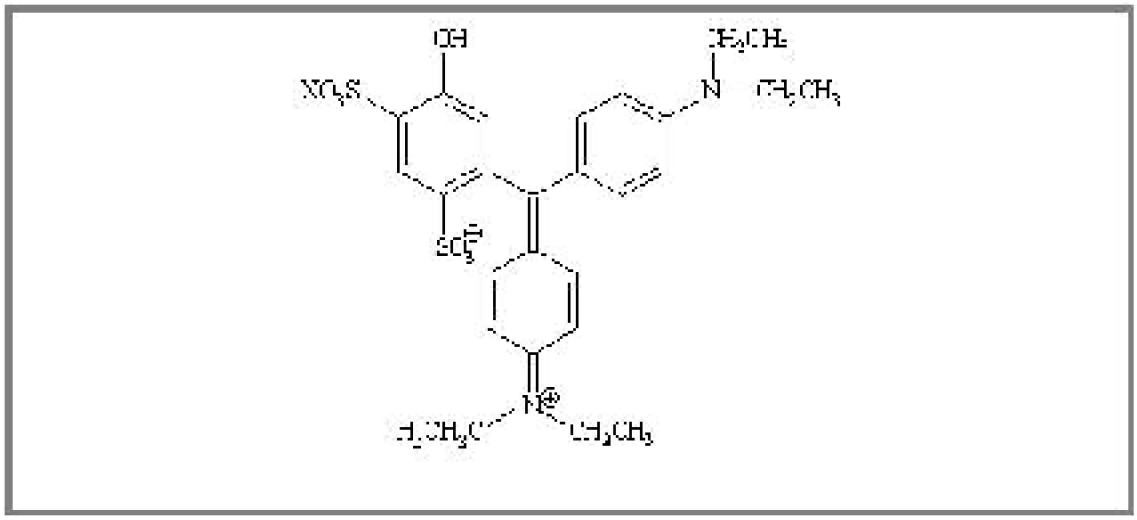

FIGURA 5. Estructura de azul patente V.

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).

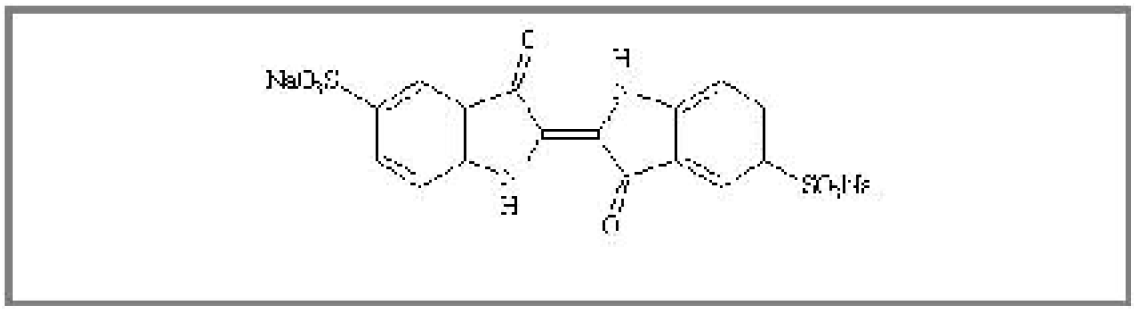

FIGURA 6. Estructura de indigotina.

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 lo 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).

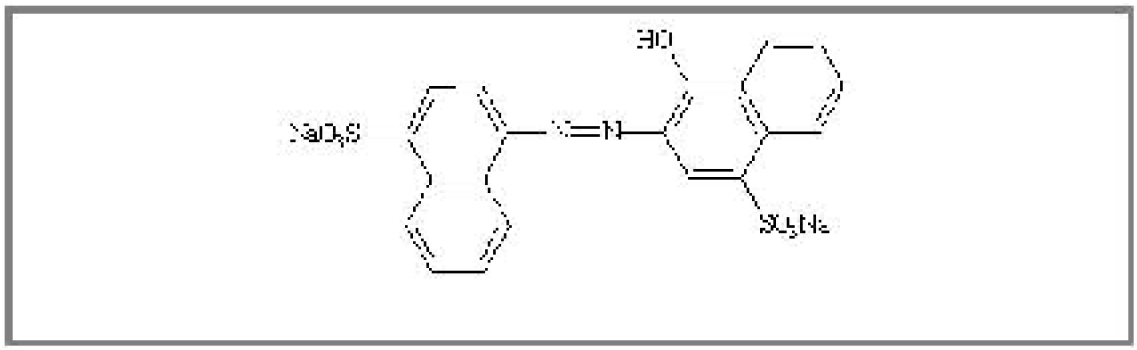

FIGURA 7. Estructura de azorrubina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 b).

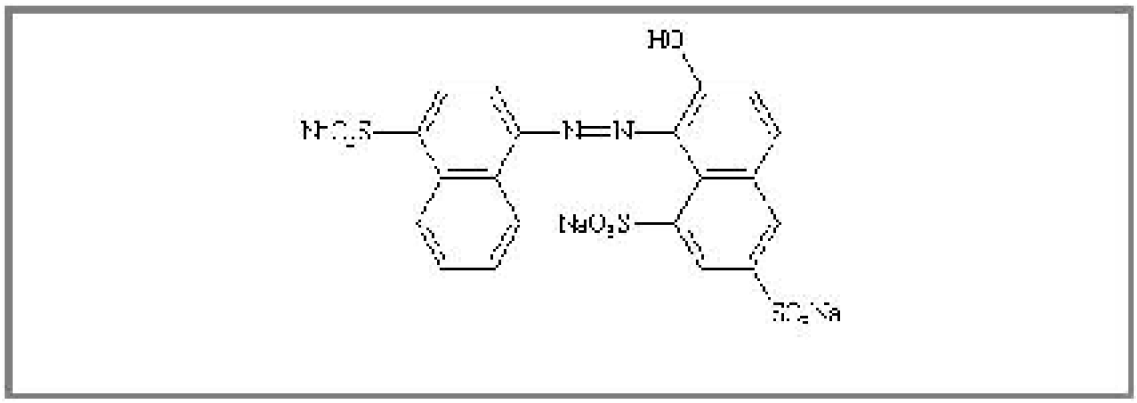

FIGURA 8. Estructura de ponceau 4R.

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).

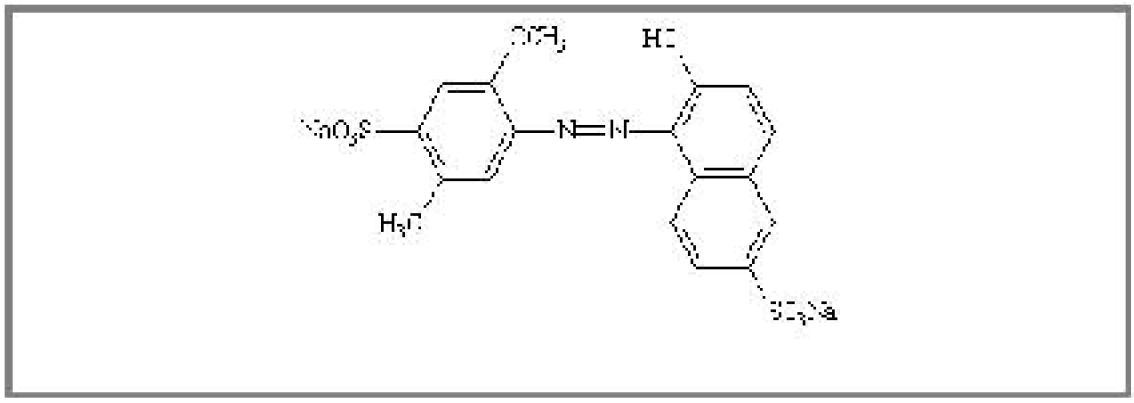

FIGURA 9. Estructura de allura red AC.

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).

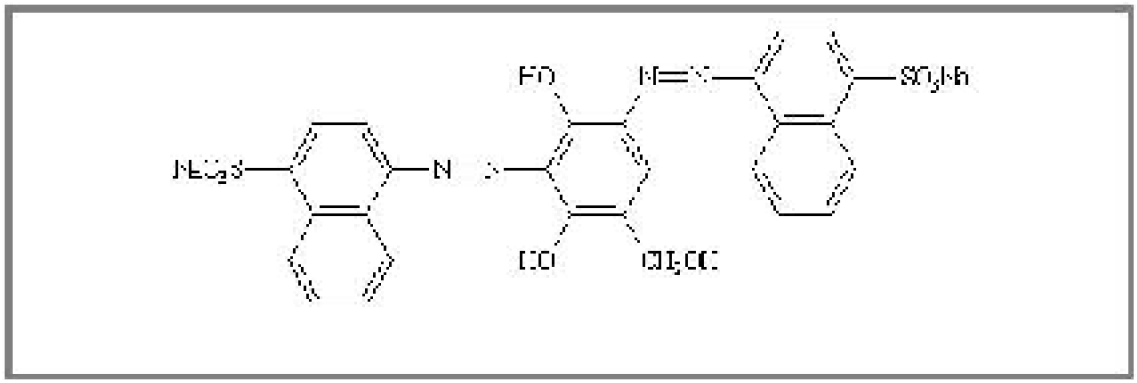

FIGURA 10. Estructura de café HT.

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 250ºC, 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).

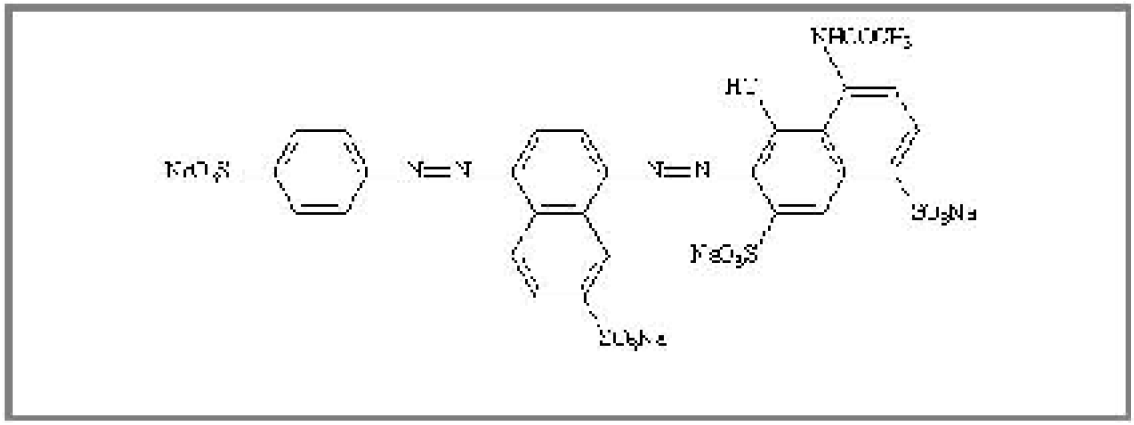

FIGURA 11. Estructura de negro brillante BN.

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 β-caroteno y β,β-caroteno (FIGURA 12).

Las especificaciones son aplicables a todos los isómeros trans (Z) de β-caroteno junto a menores cantidades de otros carotenoides. A partir de β-caroteno que cumpla con estas especificaciones, se preparan soluciones diluidas y suspensiones de β-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).

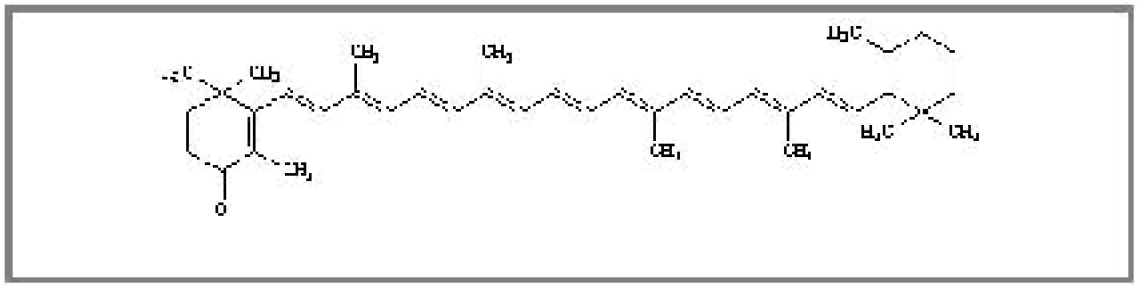

FIGURA 12. Estructura de beta caroteno sintético.

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 β-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 l).

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 l ; ROHA, 2003).

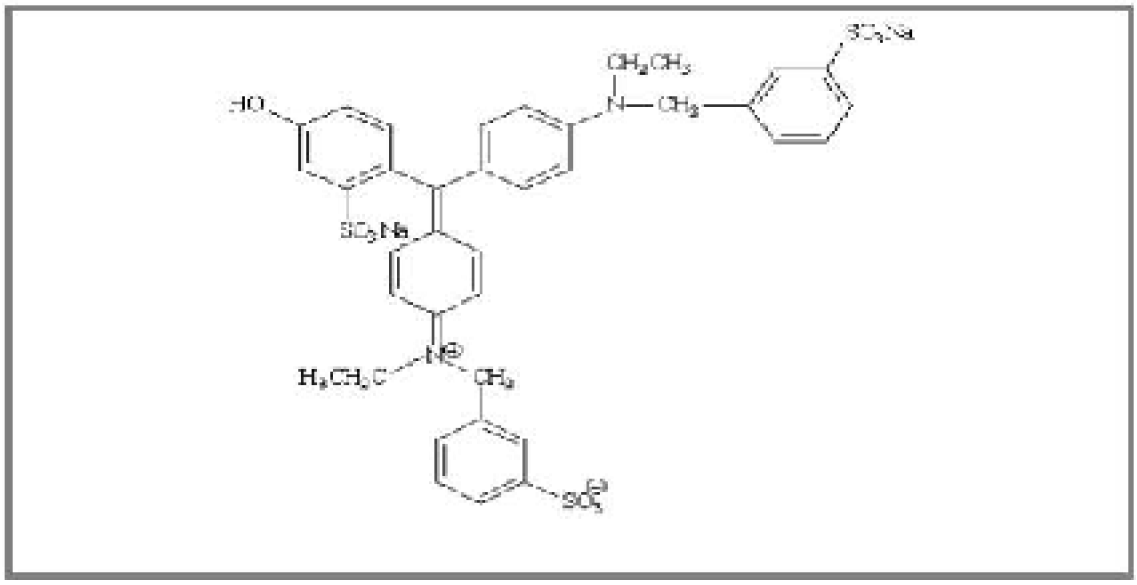

FIGURA 13. Estructura de verde F.C.F.

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 originaria 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.

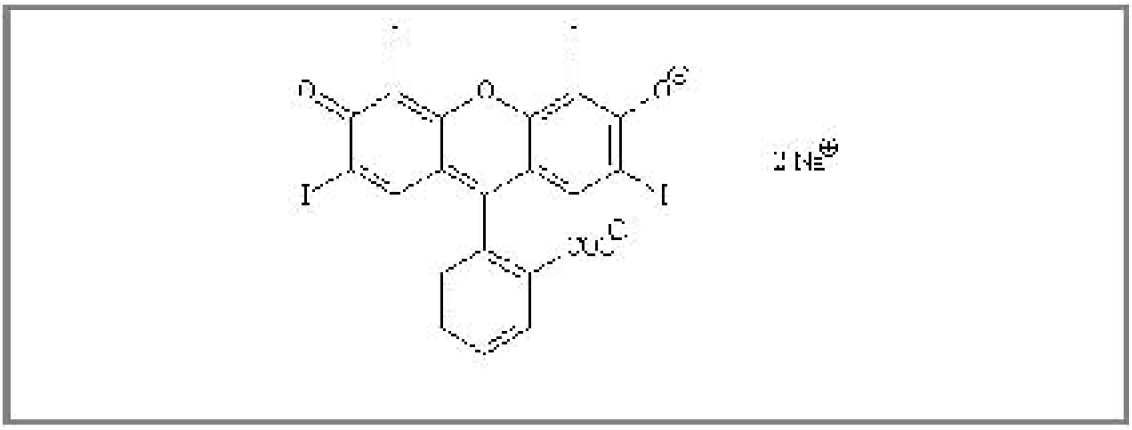

FIGURA 14. Estructura de eritrosina.

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) .

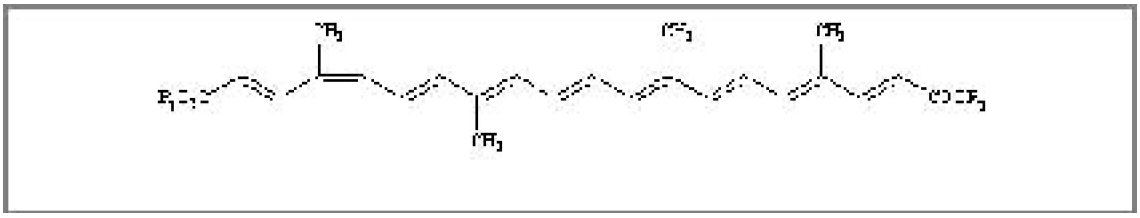

FIGURA 15. Estructura de annato, bixina.

FUENTE: FAO/WHO, (1996).

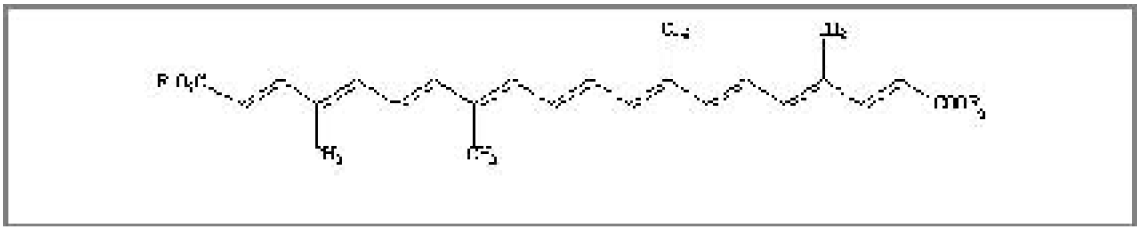

FIGURA 16. Estructura de annato, norbixina.

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 70ºC, 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).

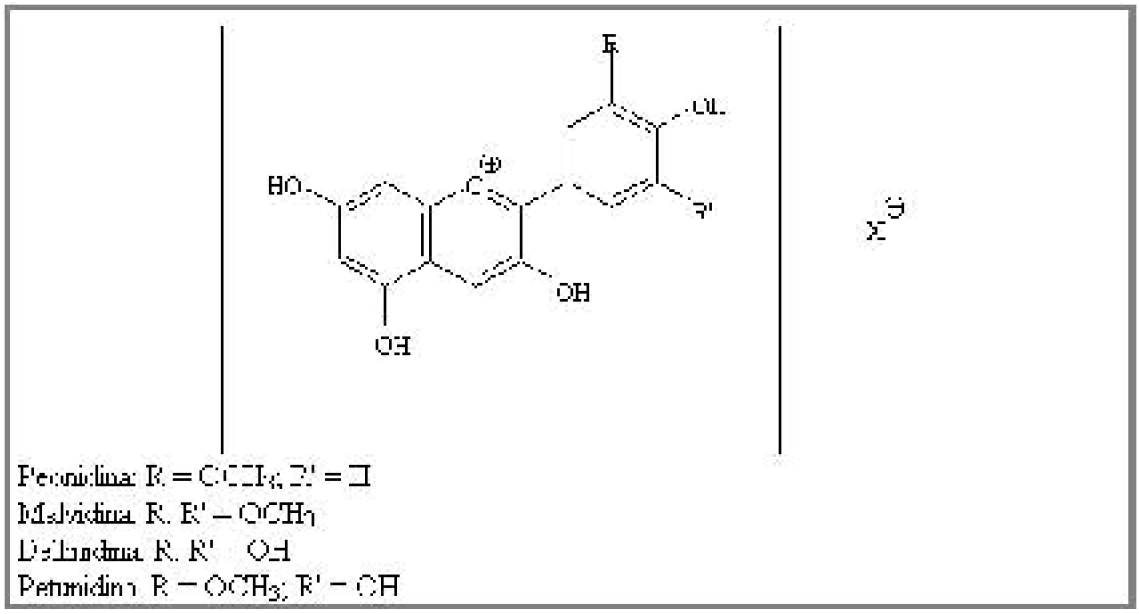

FIGURA 17. Estructura de antocianos.

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 β-apo-8'-carotenal (FIGURA 18) junto a menores cantidades de otros carotenoides, a partir de β-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).

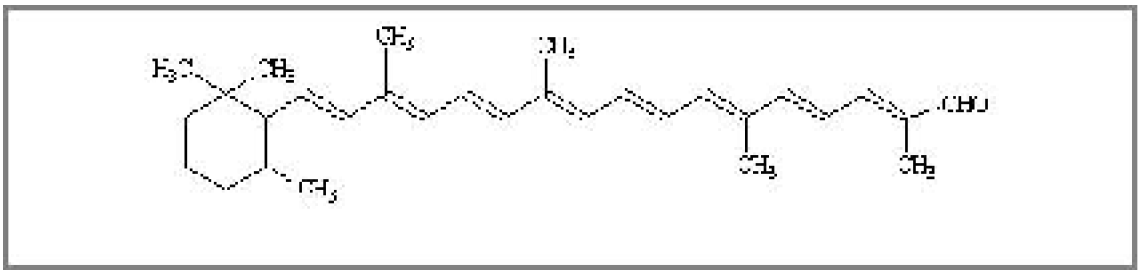

FIGURA 18. Estructura de apocarotenal.

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 TECNOLOGICO Y PRODUCTIVO, 2002).

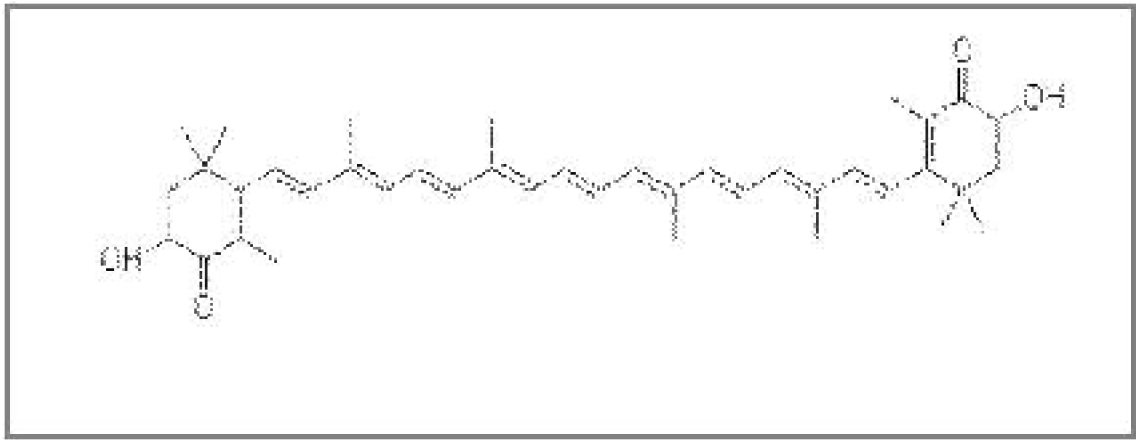

FIGURA 19. Estructura de astaxantina

FUENTE: CHILE. FONDO NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLOGICO 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. Acidos 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.

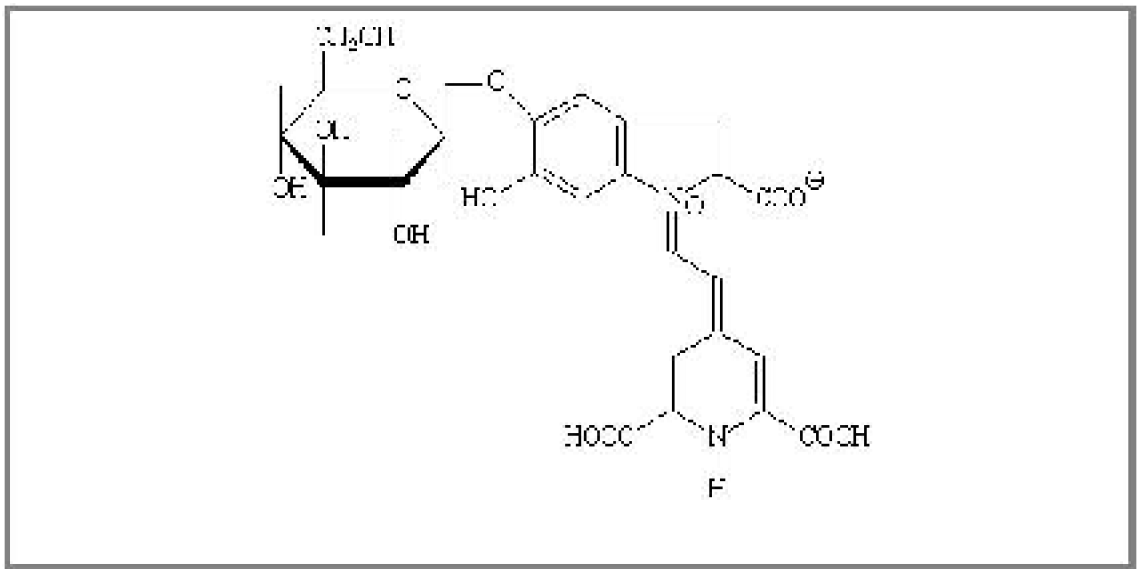

FIGURA 20. Estructura de betaína.

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 inmiscible 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-β-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).

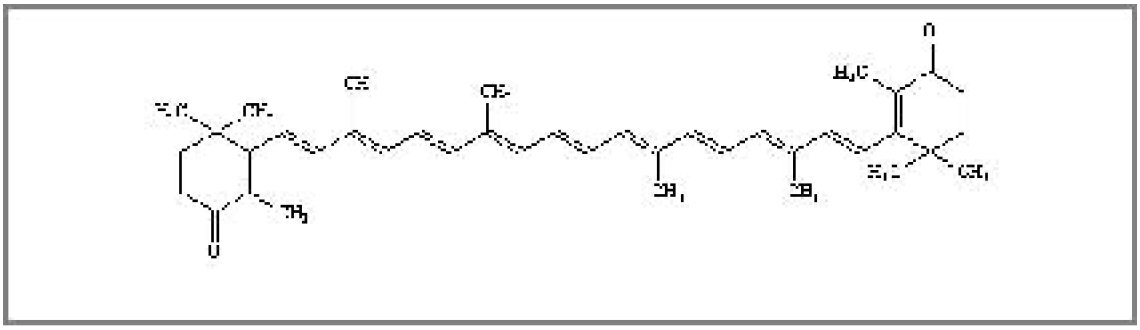

FIGURA 21. Estructura de cantaxantina.

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 *Dactyloppius coccus*, parásitos de algunas especies de cactus altiplánicos. El principio colorante es quelato alumínico 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).

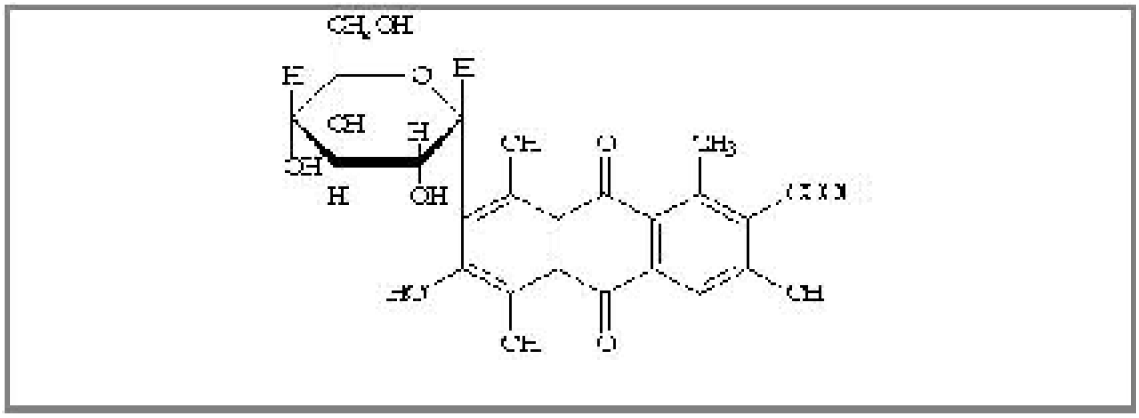

FIGURA 22. Estructura de ácido carmínico.

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(1) 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).

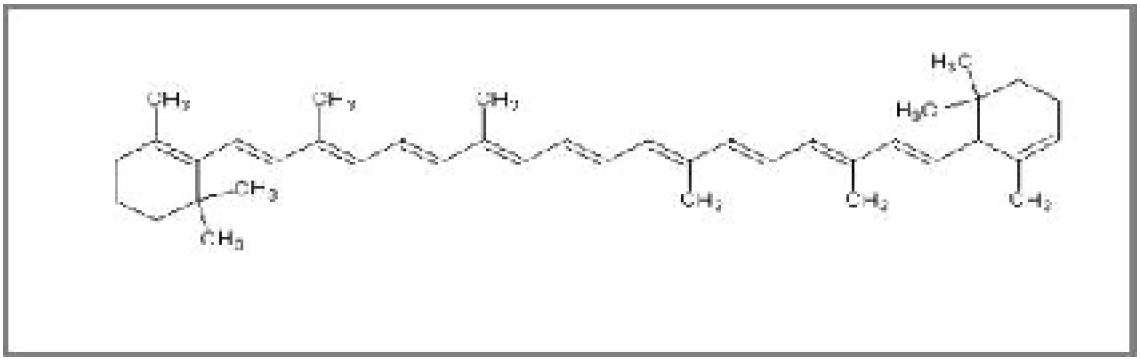

FIGURA 23. Estructura de alfa caroteno.

FUENTE: FAO/WHO, (1998 c).

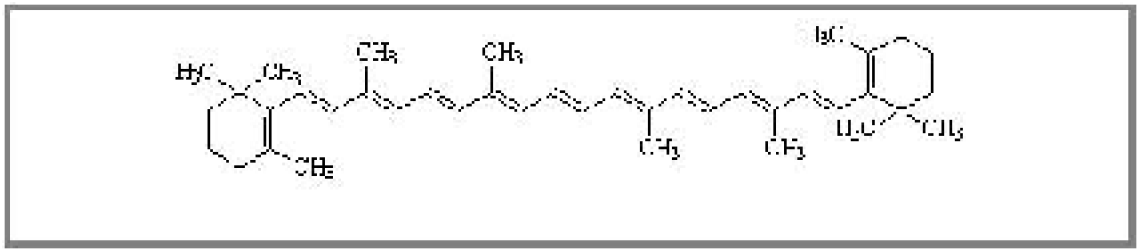

FIGURA 24. Estructura de beta caroteno.

FUENTE: FAO/WHO, (1998 c).

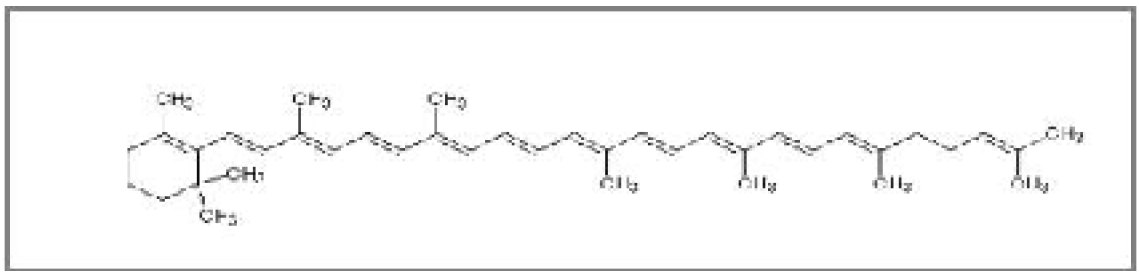

FIGURA 25. Estructura de gama caroteno.

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 naranjo a naranjo 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 propilen 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 liposubles creada al eliminar de las listas de la FD&C los amarillos Nº3 y Nº4. 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, hidrocarbonos 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).

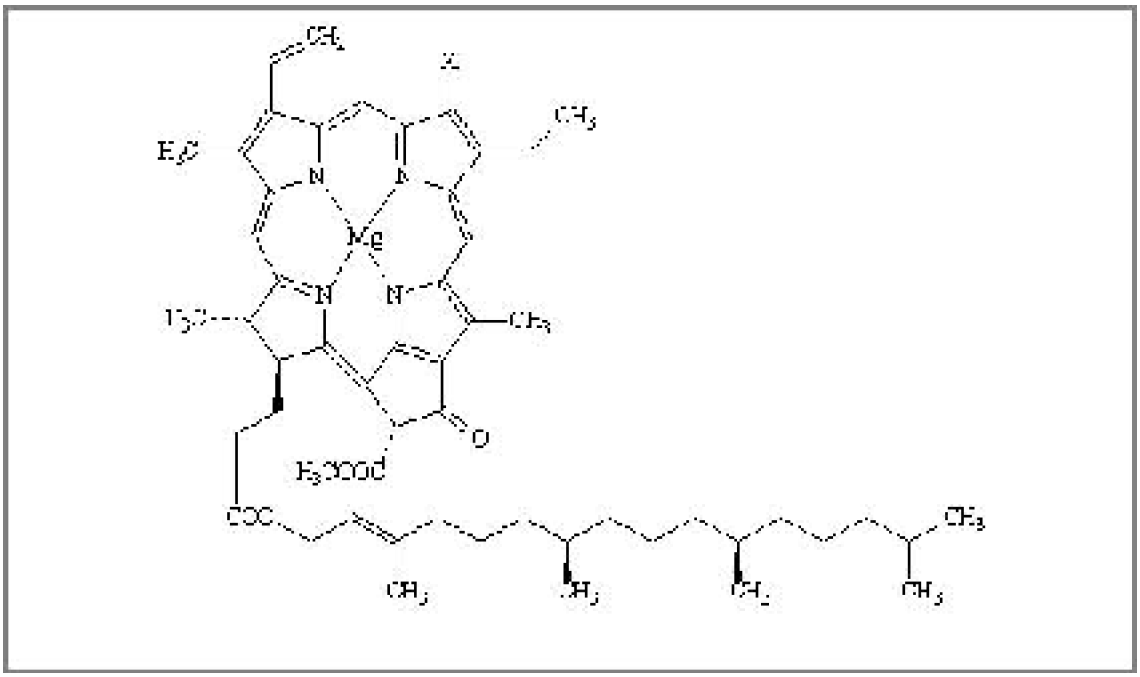

FIGURA 26. Estructura de clorofila.

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 la 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, hidrocarbonos 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).

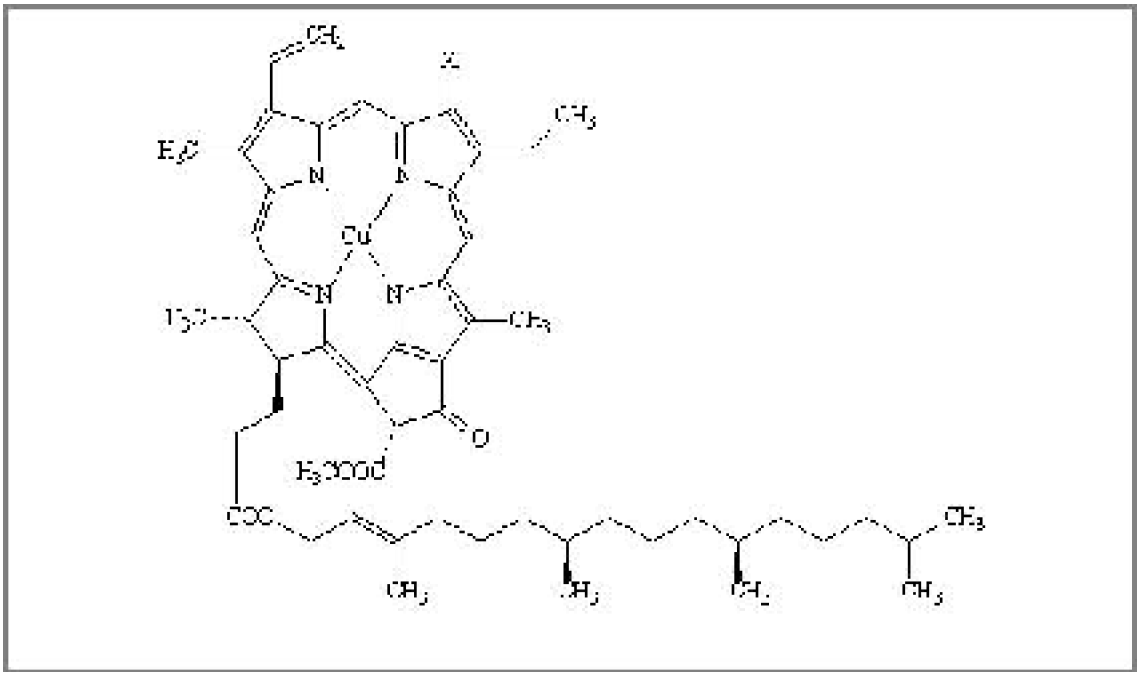

FIGURA 27. Estructura de complejos cúpricos de clorofila.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 j).

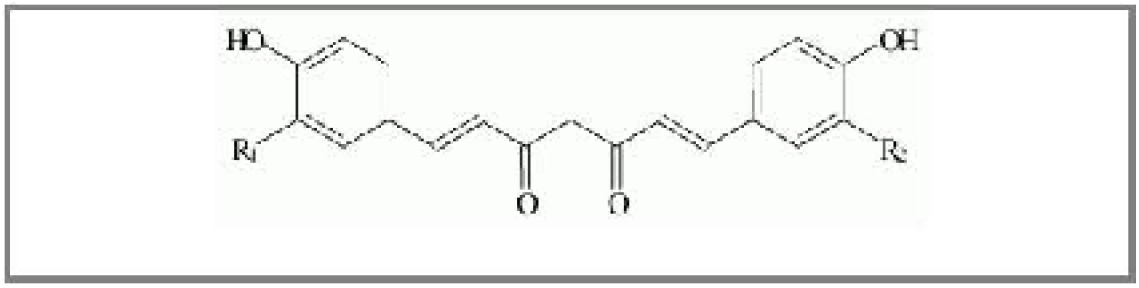

FIGURA 28. Estructura de cúrcuma.

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 oleorresina, 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 derivado 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 β-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 β-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 β-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).

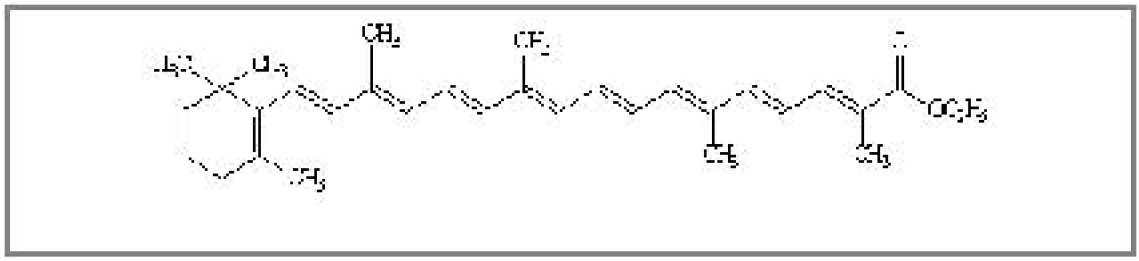

FIGURA 29. Estructura de éster etílico del ácido beta-apo-8' carotenoico.

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 el 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).

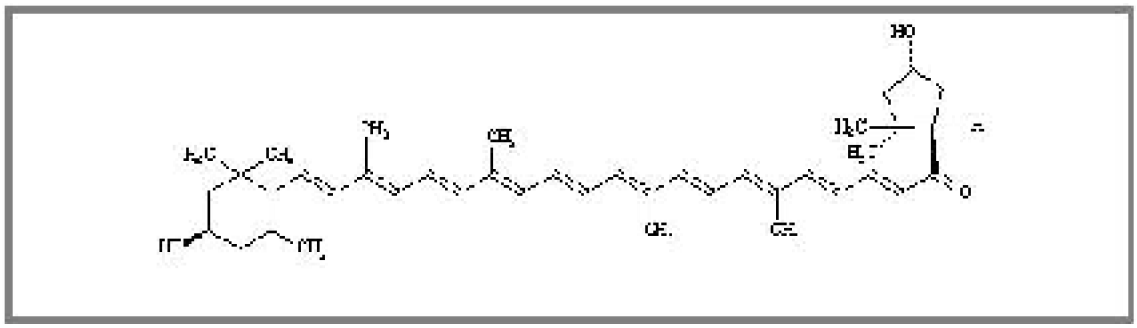

FIGURA 30. Estructura de capsantina.

FUENTE: FAO/WHO, (1992 o).

4.2.17. Rivoflavina (S.I.N. 101): es una vitamina del grupo B, específicamente la denominada B_2. 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).

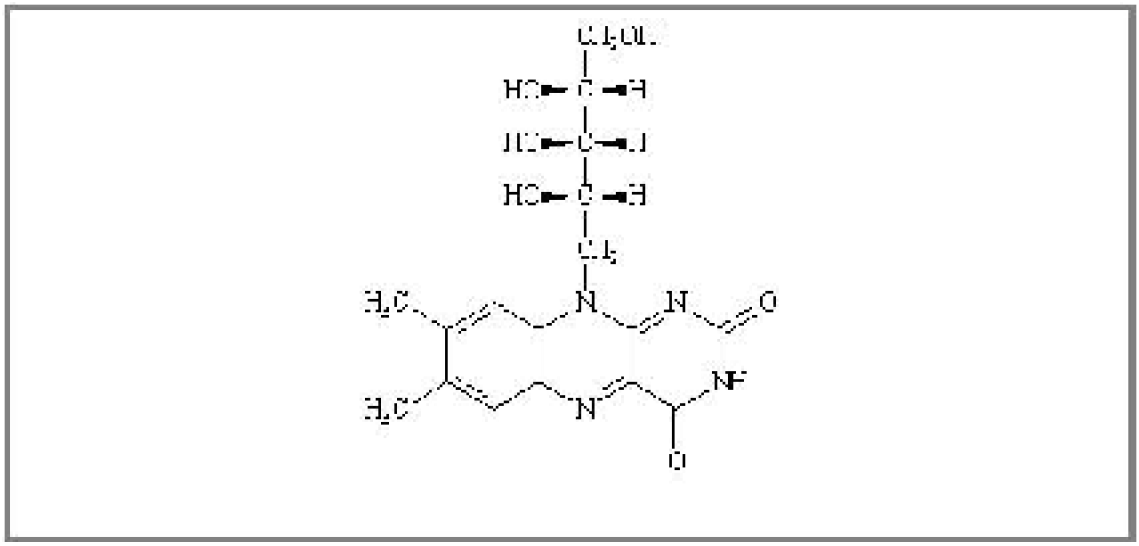

FIGURA 31. Estructura de riboflavina.

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).

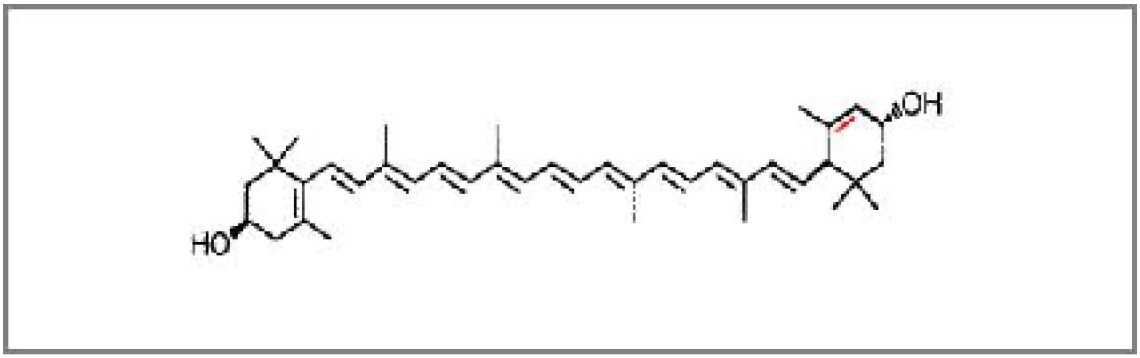

FIGURA 32. Estructura de luteína.

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_{50}). 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.

Colorantes Naturales	Valor IDA (mg/kg peso corporal)	Ultima Evaluación (*)	Fuente
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_{50} para colorantes artificiales según monografías FAO (mg colorante/kg peso corporal).

Colorantes Artificiales	DL_{50} (mg/kg peso corporal)	Especie (*) – Ruta (*)	Referencia	Fuente
Amarillo Crepúsculo	> 2000	Rata – oral	Lu & Lavalle, 1967	FAO/WHO, 1982 e
Amarillo de Quinoleína	2000	Rata – oral	Lu & Lavalle, 1964	FAO/WHO, 1969 d
Tartrazina	> 6000	Rata – oral		ROHA, 2003
Azul Brillante	> 2000	Rata – oral	Lu & Lavalle, 1964	FAO/WHO, 1969 a
Azul Patente V	> 5000	Rata – oral	Truhaut, 1962	FAO/WHO, 1974 f
Indigotina	2000	Rata – oral	Lu & Lavalle, 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 & Lavalle, 1964	FAO/WHO, 1985 b
Eritrosina	1895 7100 1840	Rata – oral Rata – oral Rata – oral	Lu & Lavalle, 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_{50} para colorantes naturales según monografías FAO (mg colorante/kg peso corporal).

Colorantes Naturales	**DL_{50} (mg/kg peso corporal)**	**Especie (*) - Ruta (*)**	**Referencia**	**Fuente**
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

Riboflavina	> 10000	Rata – oral	Unna & Greslin, 1942	FAO/WHO, 1969 e
Aluminio (polvo)	3700 ($AlCl_3$) 4280 ($AlNO_3)_3$	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_{50} obtenido para ratones y perros.

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

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

(*) No se registran las concentraciones utilizadas.

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

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

(*) No se registran las concentraciones utilizadas.