

25
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**"Colorantes naturales: propuesta de un
método general de extracción
simplificado"**

**TRABAJO MONOGRAFICO
DE ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
ERIC ALBERTO REYES OLVERA**



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente **Profr. Leal Lara Hermilo**

Vocal **Profr. Carreño Ortiz Hugo Rubén**

Secretario **Profr. Casillas Gómez Francisco Javier**

1.er Suplente **Profr. Galvez Mariscal Amanda**

2.do Suplente **Profr. Rodríguez Palacios Felipe de Jesús**

Sitio donde se desarrollo el tema: Facultad de Química, U.N.A.M.



M. en C. Francisco Javier Casillas Gómez
Asesor



Eric Alberto Reyes Olvera
Sustentante

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la oportunidad de vivir.

A mi Madre por todo su amor y sacrificio.

A mi Abuelita por su amor infinito.

A mi Tia Caty por su gran amor y eterno apoyo.

A Edgar, por su confianza y cariño

A Verónica por su paciencia, amor y por su apoyo.

A mi familia: Luis, Lucy, Luis Angel, Mónica, Manuel, Adrian, Lourdes, Adriana, Gaby, Brenda, Lupita, Lalo, Claudia, David, Lidia, Norma, Nelly, Renata, Enrique, Toño; mil gracias.

A Marlosky por su apoyo y amistad.

A mis compañeros: Lety, Patito, Heber, Clau Sanchez, Sandy F., Sandra E., Arrana, Enelda, Laura C., Sergio C. por compartir esta etapa de mi vida.

Al Ing. Casillas por su tiempo y dedicación.

A la U.N.A.M., por el futuro que me brinda.

INDICE

Justificación	3
Introducción	4
Objetivos	8
1. Antecedentes	9
1.1 <i>Historia de los colorantes en alimentos</i>	10
1.1.1 Los primeros vestigios	10
1.1.2 Arte, Mitología y color	10
1.1.3 Colorantes o adulterantes	11
1.1.4 El inicio de una industria y su primera legislación	12
1.1.5 La primera lista	13
1.1.6 La primera definición	14
1.1.7 Los cinco certificados	16
1.2 <i>El fenómeno de la percepción del color</i>	17
1.2.1 La vista	17
1.2.2 Los compuestos que producen color	21
2. Colorantes en alimentos	24
2.1 <i>Función de los colorantes en alimentos</i>	25
2.2 <i>Características de los colorantes para su empleo en alimentos</i>	27
2.3 <i>Clasificación de los colorantes.</i>	28
2.4 <i>Legislación Mexicana respecto a los colorantes para alimentos</i>	29
3. Colorantes naturales	33
3.1 <i>Carotenoides</i>	34
3.1.1 β -caroteno	37
3.1.2 Bixina	39
3.1.3 Criptoxantina	41

3.1.4 Crocina y crocetina	43
3.1.5 Capsantina	46
3.1.6 Zeaxantina	48
3.2 Clorofilas.	50
3.3 Antocianinas	53
3.4 Betalainas	55
3.5 Cochinilla	57
3.6 Curcuma.	59
4. Resultados	61
4.1 Conclusiones.	67
Bibliografía.	69

JUSTIFICACION

En los últimos 10 años, ha habido un creciente interés por el empleo de colorantes naturales en el mundo, esto se ha incrementado con la eliminación de la lista de colorantes certificados del Rojo 3 en 1990 en los Estados Unidos.

No obstante, en México la industria de colorantes naturales enfrenta muchos problemas que no permiten su desarrollo:

- a) Altos costos de producción.
- b) Baja funcionalidad y aplicación de los colorantes naturales.
- c) Falta de estímulo por parte de la legislación mexicana para el uso de colorantes naturales
- d) Problemas con la materia prima: baja producción, Calidad no uniforme, producción de temporal.

Existen en México aproximadamente 30 empresas que producen y exportan colorantes de origen vegetal, también existen muchas pequeñas empresas que se dedican a la producción de un solo colorante natural en específico. El presente trabajo pretende establecer los principios para el aprovechamiento de equipo y espacio de las empresas pequeñas que no tienen diversificada su producción; así como también reforzar la idea del aprovechamiento de materias primas baratas de las cuales el país es abundante.

La información investigada y recopilada es acerca de los principales colorantes naturales y algunos otros no muy conocidos o utilizados: estructura, usos, solubilidad y método de obtención así como fuentes principales. Los métodos de obtención se tabularán para establecer, por medio de comparaciones, las similitudes entre los diversos colorantes y establecer un método teórico general que se pueda emplear para la mayor variedad de colorantes.

INTRODUCCION

Durante los últimos 15 años ha existido una tendencia mundial por el uso de colorantes naturales en lugar de los colorantes certificados. Con la eliminación de la lista de colorantes certificados del Rojo 3 en los Estados Unidos, en 1990¹, la lista de colores primarios certificados se redujo a sólo 5:

Azul 1

Azul 2

Amarillo 5

Amarillo 6

Rojo 40

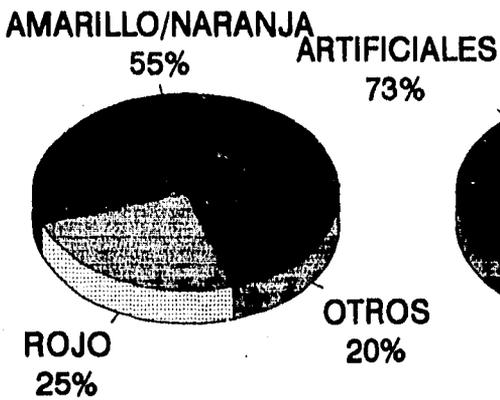
esto, generó aún mejores oportunidades para la industria de colorantes naturales ya que por ejemplo:

En 1977 se certificaron en Estados Unidos 228 toneladas de FD&C Rojo 3; al ser eliminado de la lista, generó un mercado potencial de 22,800 toneladas para colorantes naturales rojos, esto debido a que, en promedio, un colorante natural posee un poder tinte del 1 % respecto a los colorantes certificados.²

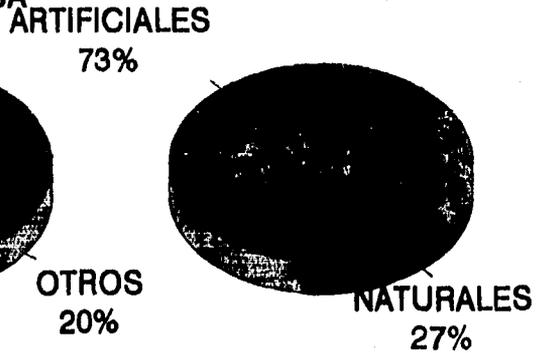
El mercado estimado para los colorantes se representa en la siguiente gráfica:
(gráfica 1)^{1b}.

En México, el mercado de los colorantes se encuentra dividido de la siguiente manera.³ (gráfica 2)

MERCADO ESTIMADO PARA LOS COLORANTES EN MEXICO



Gráfica 1.



Gráfica 2.

sin embargo en los Estados Unidos, la participación en el mercado de los colorantes naturales es de por lo menos un 50 %. La diferencia respecto al mercado mexicano radica principalmente en los siguientes factores:

- a) Limitantes de funcionalidad y aplicación de los colorantes naturales.
- b) Altos costos de producción, por lo tanto precios elevados.
- c) Falta de estímulo de la legislación mexicana para el uso de colorantes naturales.
- d) Problemas en la materia prima: poca producción, calidad no uniforme

En México, existen aproximadamente 30 empresas que producen y exportan colorantes de origen vegetal; las más importantes son: Laboratorios Bioquimex, que produce colorantes amarillos y anaranjados con el 68 % del mercado; Industrias Alcosa con el 10.2 %; Deshidratamex con el 6.4 % y Mexicana de Extracción con el 2.2%. La mayoría de la producción para consumo nacional se destina a pigmentación de piel de pollo y yema de huevo. La exportación de colorantes naturales se destinan principalmente a Estados Unidos, Francia y España.⁴

También existen diversas pequeñas empresas que se dedican a la producción de colorantes naturales, o mejor dicho a la producción de un colorante natural en específico. El hecho de que no exista una diversificación en la producción de dichas empresas se debe a diversos factores, entre ellos podemos citar: producción de temporal de la materia prima, procesos de extracción demasiado rígidos. El presente trabajo, pretende establecer los principios para el aprovechamiento de equipo y espacio del tipo de empresas anteriormente citadas, a fin de lograr una diversificación de su producción y así como también generar la idea del aprovechamiento de materias primas baratas de las cuales México es abundante.

OBJETIVOS:

- *Conocer los principales métodos de obtención de los colorantes naturales.*
- *Diseñar un modelo teórico para el proceso de obtención de colorantes naturales, adecuado para al menos tres de los más importantes, con las mínimas variaciones posibles.*

1. ANTECEDENTES

1.1 Historia de los colorantes en alimentos.

Los primeros vestigios.

La naturaleza, sabiamente ha sabido utilizar el color durante milenios para lograr que sus "clientes" adquieran sus productos; ha sabido fijar sus productos en la mente del "consumidor" con el uso de estos aditivos, de manera que sus colores son asociados a sus productos : rojo cereza, verde olivo, azul cielo, violeta, rosa. Comparativamente el hombre ha empleado los colorantes como aditivos en alimentos desde hace poco tiempo. Los colorantes se pensaron para hacer más atractivos los alimentos; las especias y condimentos fueron probablemente de los primeros aditivos empleados como colorantes hace 3000 años³. La historia esta llena de acontecimientos en donde se usa el color como aditivo. Pinturas egipcias que datan de 1500 a.C. muestran la elaboración de un dulce coloreado. El historiador romano del primer siglo Plinio, señala que las prácticas de colorear y añadir sabor a los vinos defectuosos datan desde los 300 a 200 años antes de Cristo; sin embargo, este dato no hace referencia a los colorantes como realizadores de las características del vino, sino como adulterantes.⁵

Arte, mitología y color.

Algunas descripciones de los banquetes del Imperio Romano, e inclusive de las comidas de la clase media, hacen referencia a las combinaciones de color entre los alimentos y los platos en donde estos se servían. Durante ese periodo, los Romanos introdujeron las especias y condimentos en los alimentos, algunos de estos aún se siguen utilizando como el azafrán.⁶

Durante la época medieval el colorear alimentos se estableció, no sólo como una forma de realzar la belleza natural del alimento, sino como una nueva forma de arte. Así, mitad pollo y mitad lechón servidas juntas y coloreadas de dorado (utilizando yema de huevo y azafrán) dieron origen a una bestia mitológica: el Basilisco. Por un proceso similar, bolas de carne molida de cerdo se convertían en manzanas doradas, servidas con miel y rebanadas de manzana fritas.⁶

Todos los colorantes eran extraídos de plantas. El más popular de ellos era el azafrán, ya que "transformaba la comida en oro", el color de la realeza. Muchas de las prácticas medievales continuaron a través del renacimiento y aún en el siglo XVII.

Colorantes o adulterantes.

Pero fue en los siglos XVIII y XIX que productores de alimentos sin escrúpulos, comenzaron a explotar el valor de los colorantes para vender productos de mala calidad. En 1820 Frederick Accum, en su libro "*Un tratado en adulteraciones de alimentos y venenos culinarios*", expone las siguientes prácticas en Londres:⁷

a) El colorido de los dulces de las tiendas se debe a sales de cobre y plomo altamente tóxicas.

b) Hojas de té usadas, son teñidas con plomo negro y otros químicos, secadas y vendidas como hojas frescas.

c) El color naranja de queso Gloucester es frecuentemente realizado con la adición del venenoso rojo de plomo.

Pese a las revelaciones de Frederick Accum hubo una insignificante reacción de los ingleses y estas prácticas continuaron. Aún en 1900, un colorante amarillo se adicionaba a la leche para disfrazar el "bautizado".⁷

El inicio de una industria y su primera legislación.

El descubrimiento del primer colorante artificial en 1856 (el mauve a partir de alquitrán por Sir William Henry Perkins en Inglaterra), provocó un rápido desarrollo en el uso de este tipo de colorantes debido a su poder tintoreo, uniformidad, disponibilidad y variedad de tonos.⁵ Para finales del siglo XIX, había ya cientos de estos colorantes de alquitrán y eran empleados en alimentos.

En 1860, los ingleses aprobaron su primera *Food and Drug Act* para regular la pureza de los alimentos y la reforzaron en 1875.⁶ Otros países europeos les siguieron y en algunos casos prohibieron totalmente el uso de colorantes, aunque la mayoría sólo limitaba el uso de colorantes para aplicaciones específicas. La primera regulación federal de los Estados Unidos referente a la aplicación de los colorantes en alimentos, surge en 1886, cuando el Congreso emite un acta prohibiendo el uso de colorantes en la mantequilla y permitiendo el uso de colorantes en quesos.⁷

Con el cambio de siglo, en 1900, el Buró de Química del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, contrató al Doctor alemán Bernhard C. Hesse para estudiar la naturaleza de los colorantes y aditivos alimentarios y su efecto en la salud humana; en esa época se permitía el uso de colorantes en: jarabes, helados, dulces, aderezos, mostaza, vinos y licores y en algunos otros alimentos.⁸

La primera lista.

Partiendo de que cualquier colorantes sintético podría ser usado en alimentos siempre y cuando fuera fisiológicamente inofensivo y técnicamente necesario, el Doctor Hesse estudió 234 colorantes alimentarios, teniendo como resultado la aprobación de únicamente 7 para uso alimentario: ^{7,9}

Nombre común	Nombre posterior dado por la FDA
Porceau 3R	FD&C Rojo 1
Amaranto	FD&C Rojo 2
Eritrocina	FD&C Rojo 3
Naranja 1	FD&C Naranja 1
Naftol	FD&C Amarillo 1
Amarillo S	
Verde claro	FD&C Verde 2
Amarillaceo SF	
Indigotina	FD&C Azul2

Esta lista se publicó en *The Federal Pure Food and Drug Act* de 1906, dicha acta fue la primera legislación encargada de regular el uso de colorantes en alimentos. No obstante, la lista de colorantes aprobada resulto ser insuficiente para cubrir todas las necesidades de la industria alimentaria así que se fueron agregando a ella los siguientes colorantes: ⁸

Nombre común	Año de listado	Nombre posterior dado por la FDA
Tartrazina	1916	FD&C Amarillo 5
Amarillo AB	1918	FD&C Amarillo 2
Amarillo OP	1918	FD&C Amarillo 3
Amarillo atardecer	1929	FD&C Amarillo 6
Verde Guinea	1922	FD&C Verde 1
Verde rápido	1927	FD&C Verde 3
Porceau SX	1929	FD&C Rojo 4
Azul brillante	1929	FD&C Azul 1
Rojo Allura	1960	FD&C Rojo 40

La primera definición.

En 1960, el U.S. Department of Health, Education and Welfare publicó la lista de colorantes FD&C y colorantes externos D&C (F= Food; D= Drug y C= Cosmetic) en la "Color Additives Amendments to the Food, Drug and Cosmetic Act". Bajo esta misma acta los nombres comunes fueron reemplazados por prefijos y números. Además se incluyó la primera definición de aditivo colorante:

*"Cualquier colorante, pigmento u otra sustancia hecha u obtenida de una fuente vegetal, animal, mineral o cualquier otra fuente, capaz de colorear un alimento, droga o cosmético o cualquier parte del cuerpo humano se denomina aditivo colorante"*⁶

También proporcionó la lista de colorantes que debían ser certificados y aquello exentos de certificación, señalaba los colorantes para usos específicos así como condiciones y tolerancias de uso. Los estudios realizados en la certificación eran responsabilidad del productor y de las partes interesadas.

En 1963, la FDA publicó regulaciones para implementar nuevas disposiciones para los productores, y pruebas técnicas específicas para ser realizadas y datos de seguridad requeridos. Dentro de estas regulaciones existía una cláusula que indicaba:

"Cualquier colorante que cause cáncer en animales de laboratorio, en cualquier cantidad, no puede ser listado para su uso en alimentos".⁷

Con estas restricciones sólo 8 colorantes FD&C fueron permitidos para su uso en alimentos:

Lista de Colorantes Certificados permitidos por la FDA (1963)
FD&C Azul 1
FD&C Azul 2
FD&C Amarillo 5
FD&C Amarillo 6
FD&C Verde 3
FD&C Rojo 2
FD&C Rojo 3
FD&C Rojo 40

Otros 3 colorantes fueron permitidos para aplicaciones muy limitadas: Rojo cítrico 2, Naranja B y Rojo 4. En total fueron permitidos 29 colorantes, el resto eran colorantes naturales. En los años posteriores a la publicación de la *Color Additives Amendments to the Food, Drug and Cosmetic Act* en 1960, muchos colorantes naturales incluyendo el annato (achiote) y la cúrcuma fueron aprobados después de varias pruebas toxicológicas; estos dos colorantes junto con otros más como la paprica, el azafrán y el aceite de zanahoria estaban exentos de certificación por parte de la FDA. En esos primeros años de la década de los 60's las Naciones Unidas por medio de la OAA (Organización para la Alimentación y la Agricultura. FAO, por sus siglas en ingles) y la OMS (Organización Mundial de la Salud. WHO, por sus siglas en ingles), inició programas para preparar especificaciones internacionales, las cuales llamaría Codex Alimentarius. Durante el periodo 1963-1969, los comités Codex y los comités de expertos OAA/OMS prepararon regulaciones para muchos colorantes, incluyendos los naturales.

Los cinco certificados.

En enero de 1976 el Rojo 2 fue eliminado de la lista en Estados Unidos después de una controversia que duró seis años, sin embargo, en Canadá, Japón y la CEE permiten su uso en alimentos.² Ese mismo año el rojo cítrico se eliminó. El último de los colorantes certificados en ser eliminado fue el Rojo 3 en 1990, con esto la lista de colores primarios certificados se reduce a cinco:

Colorantes certificados aprobados por la FDA (1990)
Azul 1
Azul 2
Amarillo 5
Amarillo 6
Rojo 40

Pero eso no es todo, la seguridad de algunos de estos colorantes se está cuestionando: al Rojo 40 se le relaciona con la aparición temprana de linfomas en ratas de laboratorio y algunos médicos opinan que el amarillo 5 es alergénico.²

Tantas restricciones han hecho voltear la cara, desde hace ya varios años, hacia el uso de colorantes naturales. Sin embargo, los colorantes naturales presentan ciertas desventajas frente a los colorantes artificiales como son: altos costos de producción, métodos de obtención complicados, variación en la composición ya que por naturaleza los colorantes naturales son mezcla de varios componentes; menor

estabilidad ante variaciones de luz, pH y temperatura, además en algunos casos imparten sabor.

1.2 El fenómeno de la visión y la percepción del color

La vista

El conjunto de parámetros que define la calidad de los alimentos puede resumirse en tres grandes grupos: parámetros de aspecto, parámetros de textura parámetros de sabor y aroma ². Por parámetros de aspecto se entienden aquellos que captamos por el sentido de la vista.

A través de nuestra vista percibimos el 83 % de nuestro entorno, dejando sólo el 17 % para los demás sentidos.¹⁴ La información que obtenemos por medio de nuestros ojos nos hace tomar un sin número de decisiones diariamente. En alimentos la vista es un factor muy importante para evaluar la calidad y aceptación de un alimento, por medio de ella obtenemos información respecto a su apariencia: textura, forma, color; dicha información nos hace emitir un juicio acerca de su apetecibilidad y finalmente decidir si se ingiere o no, generalmente con la certeza de que si se ve bien sabe bien.

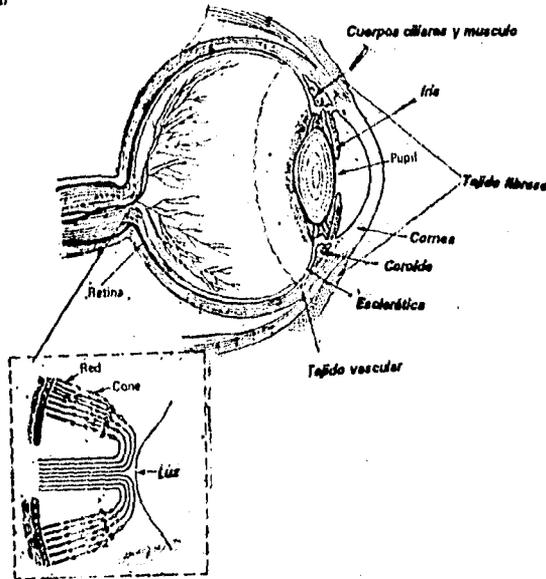
Dentro de los parámetros de apariencia encontramos el color, el cual representa la primera evaluación que se realiza a un alimento, el color exterior es un índice inmediato de calidad, no siempre objetivo pero si determinante en muchas ocasiones. Un producto fresco debe tener un color que estimule nuestra visión dando la sensación de fresca y sabor agradable.

La información que es captada por los ojos, se puede percibir gracias al perfecto diseño de los ojos. Podemos definir al color como:²¹

"La parte de la energía radiante que el humano percibe por medio de las sensaciones visuales, que se generan por la estimulación de la retina del ojo".

La compleja estructura del ojo se puede dividir básicamente en tres partes:¹⁵

- a) la capa exterior fibrosa
- b) la capa vascular
- c) la retina.



La capa fibrosa está formada por la esclerótica, que es la porción blanca visible del ojo, y la córnea que es el tejido transparente que cubre el iris. En la porción central de la capa fibrosa se encuentra la primera porción de la capa vascular, llamada

coroide. La coroide absorbe la luz y evita que los rayos de luz que pasaron a través de la pupila se reflejen hacia afuera del ojo.

Otra parte de la capa vascular son los cuerpos ciliares y músculos involucrados en la forma del lente (córnea) y el enfocamiento de las imágenes. La tercera parte de la capa vascular es el iris, el cual es un músculo con forma de dona cuyo centro es la pupila. El iris se contrae y se relaja para disminuir o aumentar el tamaño de la pupila de acuerdo a la intensidad de luz.

Por último en la región interna negra de la esfera ocular se encuentra la retina. La retina esta formada por una capa pigmentada que esta justo después de los cuerpos ciliares y el iris, y es una capa delgada de tejido nervioso. Dentro de este tejido, neuronas son las involucradas en la transmisión visual de información. Las primeras neuronas relacionadas en la visión son los fotorreceptores que pueden ser conos o bastones, ambos son capaces de ser estimulados por los rayos de luz. Los bastones permilen ver objetos con poca luz, perciben el movimiento y variaciones en la intensidad de blanco y negro. El color sólo puede ser percibido con una luz lo suficientemente intensa como para estimular los conos. La proporción entre conos y bastones es de 1:3, es decir, probablemente tenemos siete millones de conos y quizá veintitún millones de bastones.¹⁵

También, existen otro tipo de neuronas, como son las neuronas bipolares y las neuronas gangliares; las primeras se encuentran en la primera parte de la porción interna del ojo, y las segundas son las neuronas más internas de la retina.

La luz, penetra por la pupila estimulando las neuronas fotorreceptoras, las cuales transmiten la información a las neuronas bipolares y éstas a las neuronas gangliares, cuyo axones estimulan al nervio óptico.

El interior del ojo tiene dos cavidades: el anterior y el posterior, separadas por lentes. Particularmente importante es la cavidad posterior en donde se encuentra el humor vítreo, que es una sustancia gelatinosa que llena la cavidad entre la esclera del ojo y la retina manteniendo ésta última firme.

Para que pueda haber visión, la luz debe ser refractada y los rayos enfocados para producir la imagen. La imagen que se forma se encuentra en realidad invertida, corresponde al cerebro traducir la información recibida invirtiendo la imagen para obtener una orientación física real de lo que es observado. Evidentemente el proceso de inversión de imagen es automático.

Los bastones contribuyen a la información de mensajes visuales por medio de la fotólisis de la rodopsina produciendo dos compuestos: retineno y escotopsina, cuando la luz los estimula.¹⁵ Esta fotólisis produce un mensaje eléctrico por medio de los bastones que se transmiten a las neuronas bipolares, de ahí a las neuronas gangliares y finalmente al nervio óptico. Algo similar sucede con los conos, sólo que los pigmentos rojo, verde y azul de los tres tipos de conos requieren de una estimulación mayor de luz que los bastones para la generación del mensaje eléctrico. Es por esto que el color sólo puede ser percibido por la luz brillante, afortunadamente los tres pigmentos disponibles en los tres tipos de conos son suficientes para producir mensajes, que mezclados nos permiten percibir el fantástico colorido de los alimentos.

Los compuestos que producen color

Pero ahora, vayamos al otro lado, que tipo de sustancias o que características deben tener las sustancias para que puedan ser coloridas. Los compuestos coloridos forman una clase única en la que su diversidad de estructuras y sus propiedades fisicoquímicas son realmente complejas. En muchos casos las propiedades cromóforas de las sustancias pueden ser perfectamente explicadas con las estructuras de sus orbitales moleculares.

De acuerdo a principios teóricos, los compuestos cromógenos pueden clasificarse en dos grupos:¹²

- 1.- Cromógenos con sistemas conjugados.
- 2.- Porfirinas metaloconjugadas.

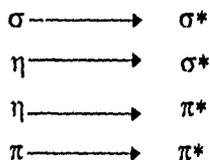
En el primer grupo se incluyen carotenoides, antocianinas, betalainas, caramelo y lacas; el segundo se refiere a mioglobinas, clorofilas y sus derivados.

Un entendimiento correcto de las bases químicas estos compuestos proporciona información muy importante que permite el desarrollo y formulación de aditivos colorantes; también es importante en la retención del color natural de los alimentos o en eliminación de los indeseables cambios de color de los alimentos procesados.

Las moléculas absorben cuantos de energía para pasar de un estado basal a un estado excitado. La cantidad de energía necesaria para pasar a un estado excitado a las moléculas se define como:²⁵

$$E_{act} = E_{edo\ excitado} - E_{edo\ basal}$$

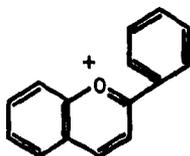
Las diferentes transiciones electrónicas son:²⁵



La absorción de energía se ve afectada por los grupos sustituyentes y por la conjugación. Un alto grado de conjugación requiere menos energía para pasar de un estado base a uno excitado y producirá un corrimiento hacia el rojo debido a una longitud de onda menor (λ).¹²

Los grupos sustituyentes con pares libres de electrones tienden a incrementar la conjugación por medio de resonancia. Los compuestos con sistemas π conjugados se denominan cromóforos y los sustituyentes que producen un corrimiento en la λ e incrementan la energía se denominan auxocromos. Como es de esperarse los compuestos disustituidos aumentan la conjugación.¹⁵

La sustitución para es más efectiva para aumentar la intensidad de absorción debido a la estabilidad que proporcionan las estructuras resonantes. Con estos parámetros no es difícil comprender porque las antocianinas son intensamente coloridas.



ION FLAVILIO
Estructura general de las antocianinas

La relación entre la λ de absorción y el color observado se esquematiza de la siguiente manera:¹²

FRECUENCIA 1/cm	LONGITUD DE ONDA nm	COLOR ABSORBIDO	COLOR TRANSMITIDO
25000	400	PURPURA	AMARILLO
		AZUL	NARANJA
20000	500	VERDE	ROJO
	600	AMARILLO	PURPURA
15000	700	NARANJA	AZUL
		ROJO	VERDE

Figura 1. Espectro visible de absorción.¹²

2. COLORANTES EN ALIMENTOS

2.1 Función de los colorantes en alimentos.

Los colorantes ya sea naturales, artificiales o sintéticos idénticos al natural, empleados de manera adecuada, cumplen las siguientes funciones:^{2,3}

- 1.- Proporciona al alimento un aspecto atractivo que nos permite asociar su apariencia con su sabor.
- 2.- Permite mantener una uniformidad en la apariencia, eliminando variaciones en la coloración producidas por el procesamiento, almacenamiento, empaquetado.
- 3.- Permite conservar una característica de identidad del alimento muy importante: el color.

Los principales rubros a los que se destina la producción de colorantes naturales en México, son:(*gráfica 3*)³

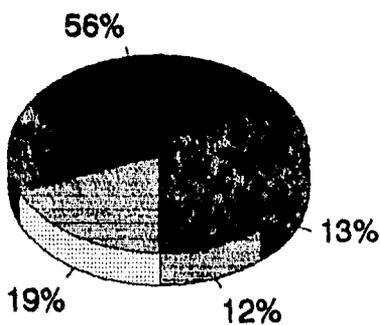
- 1.- Lácteos 58 %.
- 2.- Embutidos 20 %.
- 3.- Sazonadores 12 %.
- 4.- Confitería 10 %.

en cambio, para los colorantes artificiales los principales rubros a los que se destina su producción en México son los siguientes: (*gráfica 4*)³

- 1.- Bebidas 47 %.
- 2.- Confitería 25 %.
- 3.- Sazonadores 15 %.
- 4.- Panificación 13 %.

En la industria de lácteos el 80 % de los colorantes se destina a mantequillas, quesos, y margarinas y el 20 % a helados, dulces de leche y fermentados como el yoghurt. El colorante más empleado es el achiote o annato. En el caso de la industria de las bebidas, en su mayor parte carbonatadas se emplean colorantes artificiales. La aplicación de colorantes naturales se limita a las bebidas de frutas y jugos. En confitería el

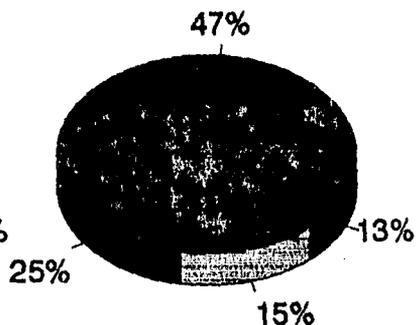
SEGMENTACION DEL MERCADO DE LOS COLORANTES EN MEXICO



Gráfica 3.

COLORANTES NATURALES

LACTEOS	56%
EMBUTIDOS	19%
SAZONADORES	12%
CONFITERIA	13%



Gráfica 4.

COLORANTES ARTIFICIALES

BEBIDAS	47%
CONFITERIA	25%
SAZONADORES	15%
PANIFICACION	13%

colorante natural empleado es el carmín. La paprika es empleada en la elaboración de chorizos. Los sazónadores (salsas, aderezos y consomés), emplean amarillo 5 y cúrcuma principalmente. En la industria panificadora los colorantes se emplean especialmente en el área de harinas preparadas.

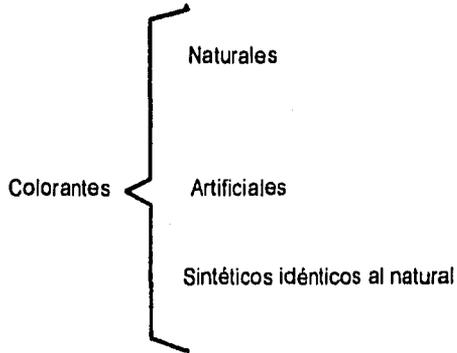
2.2 Características de los colorantes para su empleo en alimentos.

Para que un colorantes pueda ser empleado en alimentos, debe de poseer las características que a continuación se enumeran:⁹

- 1.- Debe ser inocuo a los niveles que se emplean en los alimentos.
- 2.- No debe de impartir olor o sabor desagradable al alimento o bien un olor o sabor que altere negativamente las propiedades organolépticas del alimento, a los niveles empleados.
- 3.- Debe ser lo más estable posible a los efectos de luz, pH, oxidación, reducción y actividad microbiana.
- 4.- Debe ser compatible con el alimento.
- 5.- Debe tener un poder tintoreo elevado y un rango de tonos deseable.
- 6.- Deberá ser altamente soluble ya sea en agua o grasas.
- 7.- De no ser soluble debe ser fácilmente dispersable.
- 8.- Debe ser barato.

2.3 Clasificación de los colorantes en alimentos.

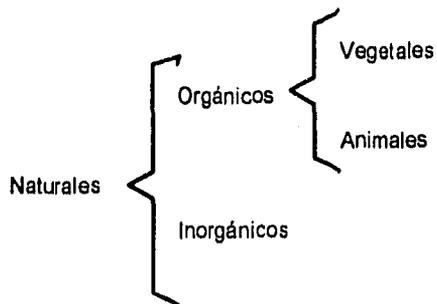
Actualmente los colorantes se pueden clasificar de acuerdo a su origen u obtención o de acuerdo a su aplicación.²



o de acuerdo a su aplicación:

- a) Colorantes para alimentos
- b) Colorantes para medicamentos
- c) Colorantes para cosméticos.

Los colorantes naturales se dividen en:



Existe una clasificación química de los colorantes naturales ²

1.- Derivados de tetrapirroles: clorofilas.

Su color varia del verde al azul verdoso. Están ampliamente distribuidos en la naturaleza, principalmente en las plantas verdes.

2.- Derivados de isoprenoides: carotenoides.

Su color va del amarillo al naranja, es uno de los más ampliamente distribuidos en la naturaleza, además de encontrarse en el reino vegetal se puede encontrar en el animal. Una gran importancia que tiene este tipo de pigmentos es que en algunos casos funcionan como provitamina A.

3.- Derivados de benzopirenos: antocianinas y flavonoides.

Su rango de color va del amarillo/rojo/azul. se encuentran en flores, uvas, capulines así como en algunas plantas y hojas.

4.- Derivados de beta vulgaris: betalainas.

Su color varia del amarillo al rojo, abundan en el betabel, cactus, tuna roja y algunas otras plantas.

5.- Otros: caramelos y melanoidinas.

2.4 Legislación Mexicana respecto a los colorantes para alimentos.

Según la legislación mexicana, un colorante se define como la sustancia que se obtiene de fuentes vegetales, animales, microorganismos o minerales, o bien a través de síntesis química y que se usa para acentuar o impartir color (ART 690 L.G.S.). En alimentos y bebidas comprende los siguientes:

I. Colorantes orgánicos naturales, los de origen vegetal o animal.

II. Colorantes orgánicos sintéticos.

III. Colorantes minerales.

El Artículo 691 menciona que: "*No se consideran como colorantes orgánicos naturales, a los alimentos que impartan color propio ya sea solos o mezclados con otros alimentos*".

Así mismo un colorante natural se define como el compuesto que se obtiene de fuentes vegetales, animales, microorganismos o los que se producen por síntesis química y que son compuestos idénticos a los naturales.²⁷

De acuerdo al Artículo 692 de reglamento para el uso de colorantes de la Ley General de Salud, los colorantes naturales permitidos en México son:²⁷

- | | |
|-------------------------------|--|
| I. Aceite de zanahoria. | XII. Harina de semilla de algodón, tostada. |
| II. Achiote. | XIII. Jugos de frutas. |
| III. Azafrán. | XIV. Jugos de vegetales. |
| IV. β -apo-8-carotenal. | XV. Pimiento. |
| V. Betabel deshidratado. | XVI. Pimiento oleoresina. |
| VI. β - caroteno. | XVII. Riboflavina. |
| VII. Caramelo. | XVIII. Xantofilas, zeaxantina, flavoxantina. |
| VIII. Clorofila. | XIX. Otros que determine la Secretaría. |
| IX. Cochinilla. | |
| X. Cúrcuma. | |
| XI. Encianina. | |

El Artículo 693 para el uso de colorantes de la Ley General de Salud, señala: Los colorantes orgánicos sintéticos o colorantes artificiales para alimentos permitidos son los siguientes:

- I. Amarillo 5 (Tartrazina).
- II. Azul 1 (Azul brillante).
- III. Azul 2 (Indigotina).
- IV. Rojo cítrico 2 (sólo para colorear corteza de naranja).
- V. Rojo 3 (Eritrozina).
- VI. Rojo 40.
- VII. Verde 3 (Verde firme).
- VIII. Otros que determine la Secretaría.

Así mismo, el Artículo 694 dice:

Los colorantes orgánicos mineral y mineral permitidos, son los siguientes:

- I. Gluconato ferroso.
- II. Dióxido de titanio.

Los siguientes artículos de la Ley General de Salud también se refieren a la aplicación de colorantes en alimentos:

Artículo 695. Se permite la mezcla de colorantes entre sí, para obtener determinadas tonalidades cromáticas, siempre y cuando no constituya un riesgo para la salud.

Artículo 696. Se permite adicionar a la mezcla de colorantes, vehículos o excipientes inocuos, tales como: cloruro de sodio, sulfato de sodio, azúcares, dextrina, aceites y grasas comestibles, glicerina, propilenglicol y otros cuya inocuidad se demuestre previamente a la Secretaría.

Artículo 697. Se entiende por lacas para colorear alimentos, los productos preparados por la precipitación de algún colorante artificial, sobre un compuesto insoluble permitido, como el hidróxido de aluminio o de calcio.

Artículo 698. Se permite el empleo de colorantes inorgánicos en la fabricación de esmaltes, tintes, vidriados o acabados semejantes, destinados al exterior de recipientes impermeables para comestibles, bebidas y similares, siempre y cuando puedan resistir la ebullición por veinte minutos en solución al 4% de ácido acético, sin poner en libertad huellas de plomo, arsénico, cadmio o algún otro elemento o compuesto tóxico.

Artículo 699. En el etiquetado de los colorantes, además de las leyendas que señala el artículo 210 de la Ley, se hará figurar lo siguiente: la denominación que les corresponda de acuerdo a su origen; en el caso de los colorantes orgánicos sintéticos, la concentración del colorante puro; cuando se trate de mezcla de colorantes, la suma de los porcentajes de pureza de cada uno de los colorantes de la mezcla, indicando los vehículos empleados; si se trata de mezcla de lacas y colorantes, deberán incluirse los ingredientes de la mezcla.

Y finalmente, el Artículo 700 señala: En las operaciones de venta de los colorantes orgánicos sintéticos, orgánico-mineral y mineral, el fabricante suministrará al comprador, el análisis con las especificaciones de pureza y límite de contaminantes, firmado por el titular del registro y por el responsable profesional de la empresa

3.COLORANTES NATURALES

3.1 Carotenoides

Los principales grupos de sustancias colorantes que se encuentran en los alimentos de forma natural son los carotenoides, antocianinas, porfirinas y clorofilas. Los colorantes naturales de mayor uso potencial en el procesamiento de alimentos son los carotenoides y la antocianinas e inclusive las xantofilas. (cuadro 1)

<p>CAROTENOIDES <i>aceite de palma</i> <i>alfalfa</i> <i>annato</i> <i>azafrán</i> <i>maíz</i> <i>paprika</i> <i>zanahoria</i></p>	<p><i>b caroteno, a caroteno</i> <i>zeaxantina, b caroteno</i> <i>bixina, norbixina</i> <i>criocina, crocetina</i> <i>zeaxantina, criptoxantina</i> <i>b caroteno, capsantina</i> <i>b caroteno, a caroteno</i></p>
<p>ANTOCIANINAS <i>arandano</i> <i>cascara de uva</i> <i>cereza</i> <i>frambuesa</i></p>	<p><i>cianidina, delphinidina</i> <i>malvidina</i> <i>cianidina, peonidina</i> <i>malvidina cianidina</i></p>
<p>OTROS <i>betabel</i> <i>cochinilla</i> <i>plantas verdes</i> <i>turmérica</i></p>	<p><i>betalainas</i> <i>ácido carmínico</i> <i>clorofila a y b</i> <i>cúrcuma</i></p>

Cuadro 2. Fuentes de colorantes naturales.³

Los carotenoides son responsables de muchos de los colores rojo, naranja y amarillo brillantes de las frutas, verduras y moras comestibles, legumbres y champiñones, flores y también de algunos animales. Los carotenoides se encuentran

ampliamente distribuidos en la naturaleza y se cree que la producción natural anual de estos compuestos es de aproximadamente 100 millones de toneladas.¹³

Fueron extraídos por primera vez en 1831 a partir de zanahoria, pero no fue sino hasta un siglo después que se determinó su estructura.

Son hidrocarburos y están compuestos a base de unidades de isopreno, frecuentemente en uno o ambos extremos de la cadena, poseen una ionona (anillo hexametilado con una doble ligadura).

Debido a su estructura son liposolubles, sin embargo, en algunos casos pueden tener grupos carbonilo o hidroxilo en su molécula lo cual los hace solubles en alcoholes.

Son compuestos de 40 carbonos con once o más dobles ligaduras en su mayoría conjugadas, este sistema de conjugación le proporciona sus características cromáticas.

Las coloraciones de estos pigmentos van desde el amarillo al rojo púrpura. Los principales factores que alteran su estabilidad son:

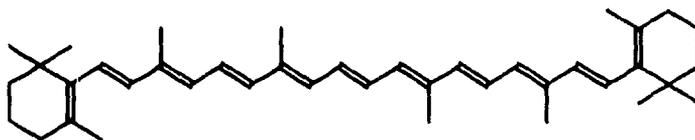
- a) La presencia de ácidos orgánicos los reduce.
- b) En presencia de oxígeno se oxidan.
- c) A altas temperaturas su molécula se fragmenta.

no obstante, los carotenoides se pueden estabilizar ya sea en presencia de agentes quelantes como el EDTA, que complejan los iones metálicos que favorecen su oxidación; y en presencia de antioxidantes.

Son agentes colorantes muy poderosos. Por ejemplo, sólo de 3 a 5 gramos de b-caroteno se necesitan para dar color a una tonelada de margarina.¹⁹

β CAROTENO

Descubierto en 1831 a partir de zanahoria, tiene la siguiente estructura:



β CAROTENO

Se encuentra ampliamente distribuido en el reino vegetal, en las plantas verdes que contienen clorofila.

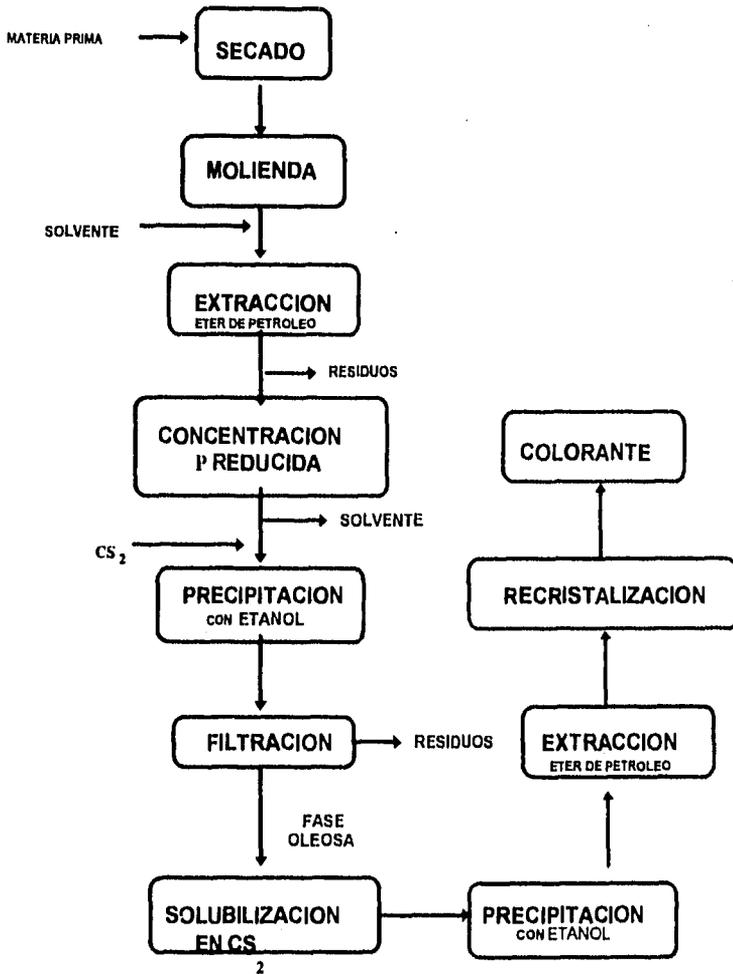
Es soluble en benceno, sulfuro de carbono éter y cloroformo, es insoluble en agua y en etanol. Imparte coloraciones de amarillo a naranja.

Se emplea para colorear lácteos, bebidas de naranja, margarina, pudines, helados y más recientemente caramelos.

Una propiedad importante del betacaroteno, es que funciona como provitamina A, lo cual es muy explotable comercialmente.

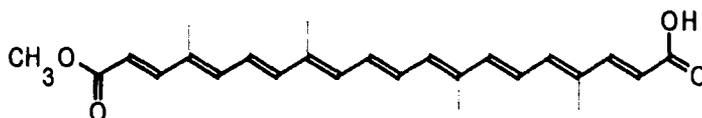
El betacaroteno se oxida fácilmente y produce derivados que también se utilizan como pigmentos uno de ellos es la Cantaxantina.^{13,18,28,32}

EXTRACCION DE β -CAROTENO



BIXINA

Fu e aislada por primera vez en 1877, su principal fuente es la *Bixa orellana* L, su estructura se elucid o en 1933:

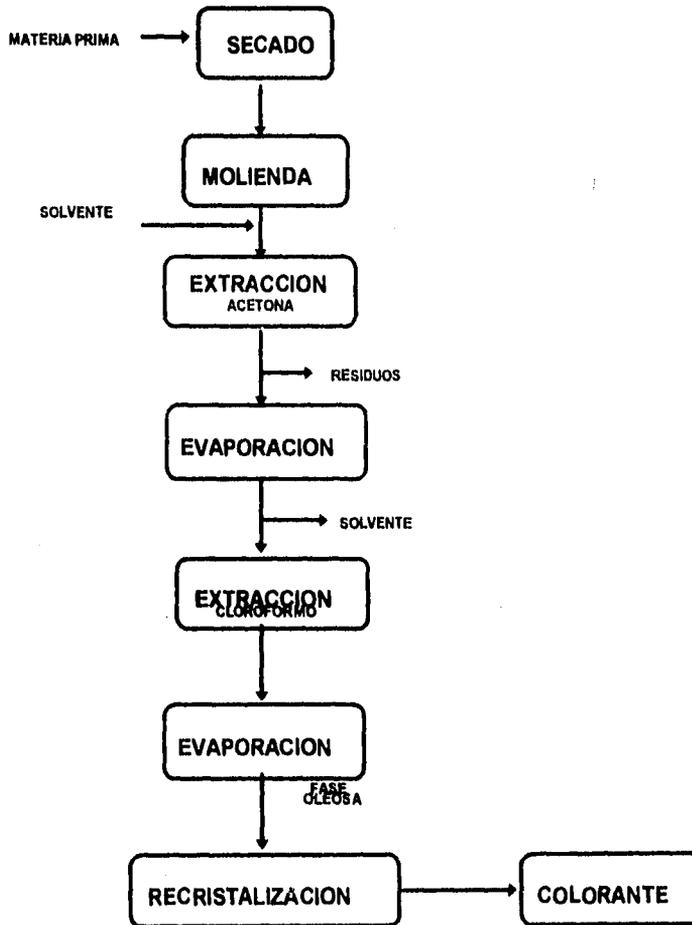


BIXINA

Es soluble en solventes orgánicos y poco soluble en etanol. Un derivado, la Norbixina también se emplea como colorante, proporcionan coloraciones café amarillentas y se emplean en la coloración de margarina y en avicultura, así como también en tintas para alimentos, lácteos, panificación, helados, postres instantaneos y pescado ahumado.^{3,11,13,28}

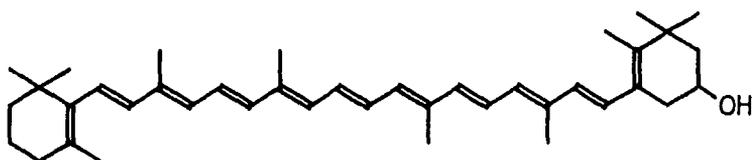
Su método de obtención es el siguiente

EXTRACCION DE BIXINA



CRIPTOXANTINA.

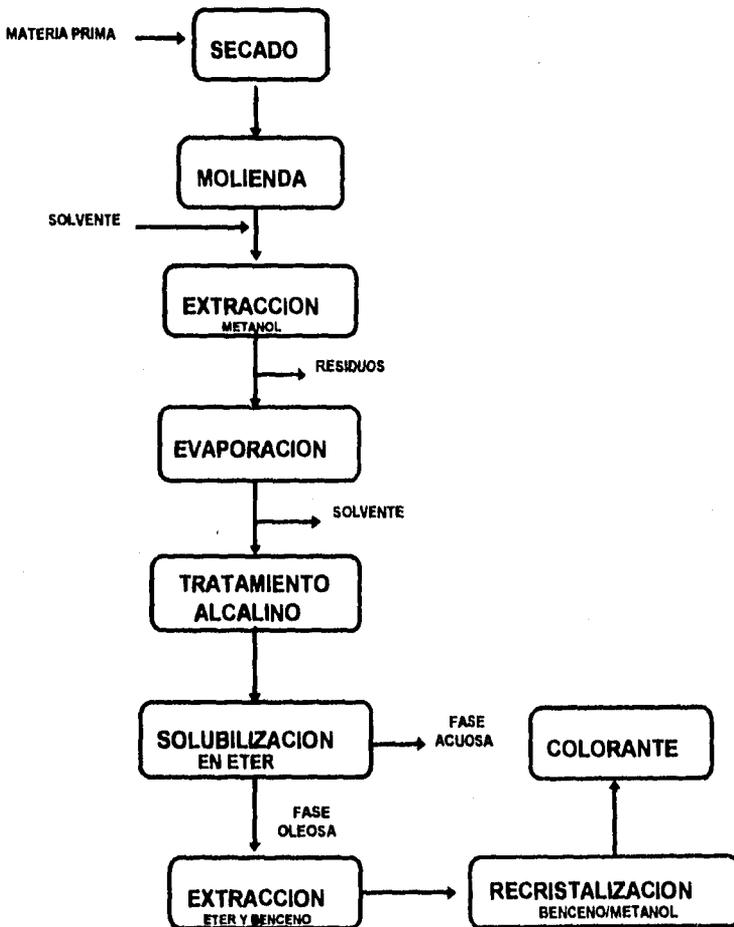
Se obtuvo a partir de papaya en 1932 aunque inicialmente se le denominó Caricaxantina, sin embargo cuando se obtuvo a partir de *Physalis alhongi* se le llamó Criptoxantina. Su estructura es la siguiente



CRIPTOXANTINA

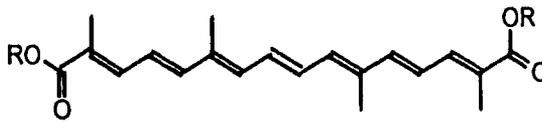
Se encuentra presente en Chile y papaya, es soluble en benceno, piridina y cloroformo; ligeramente soluble en éter de petróleo, y etano ^{11,13,26}

EXTRACCION DE CRIPTOXANTINA



CROCINA Y CROCETINA

En 1818 se le designa como crocina al pigmento del azafrán y para 1930 se determinan las estructuras de la crocina y de la crocetina.



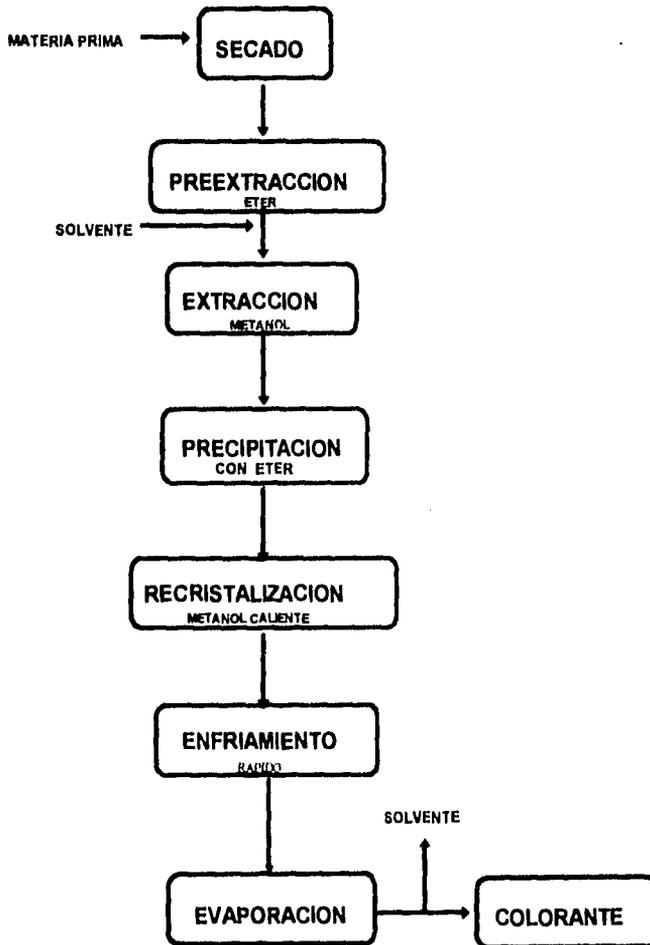
CROCETINA R=H
CROCINA R=gentobiosa

La diferencia entre la crocina y la crocetina, es que la crocina es un éster y la crocetina es un ácido. La crocina es soluble en agua y la crocetina es soluble en disolventes orgánicos.

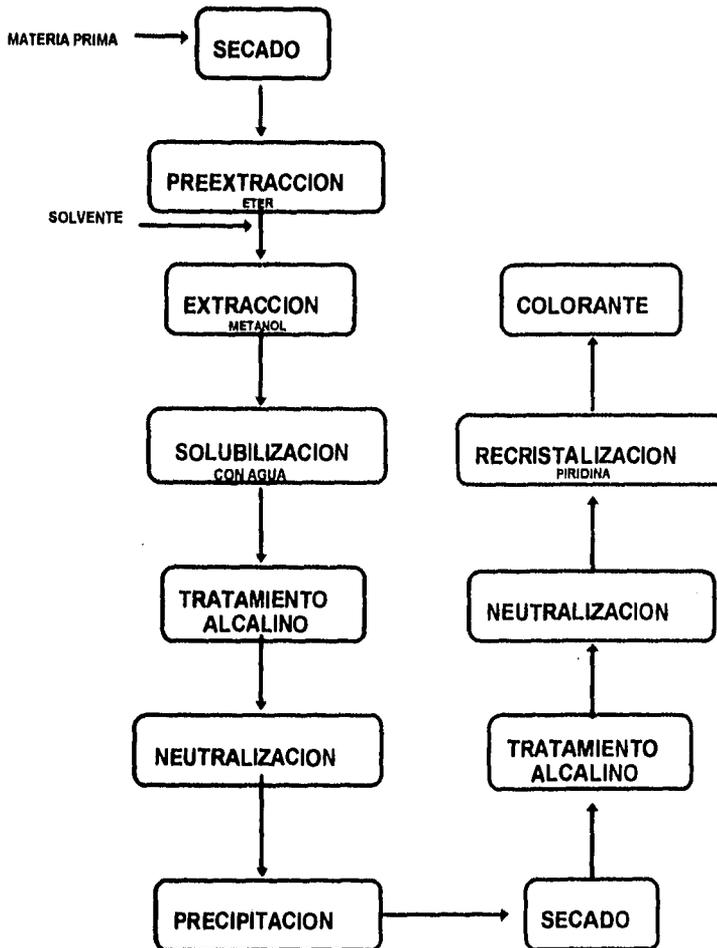
Su principal fuente de obtención es el azafrán se usa principalmente en panificación y confitería, aunque es muy caro. ^{3,13,21,26}

Su método de obtención es el siguiente:

EXTRACCION DE CROCINA

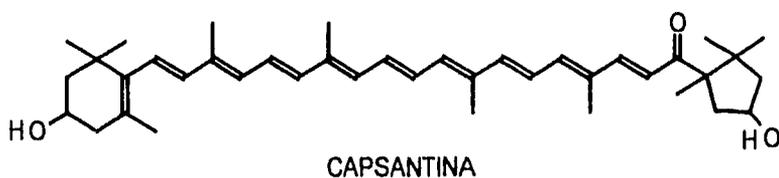


EXTRACCION DE CROCETINA



CAPSANTINA.

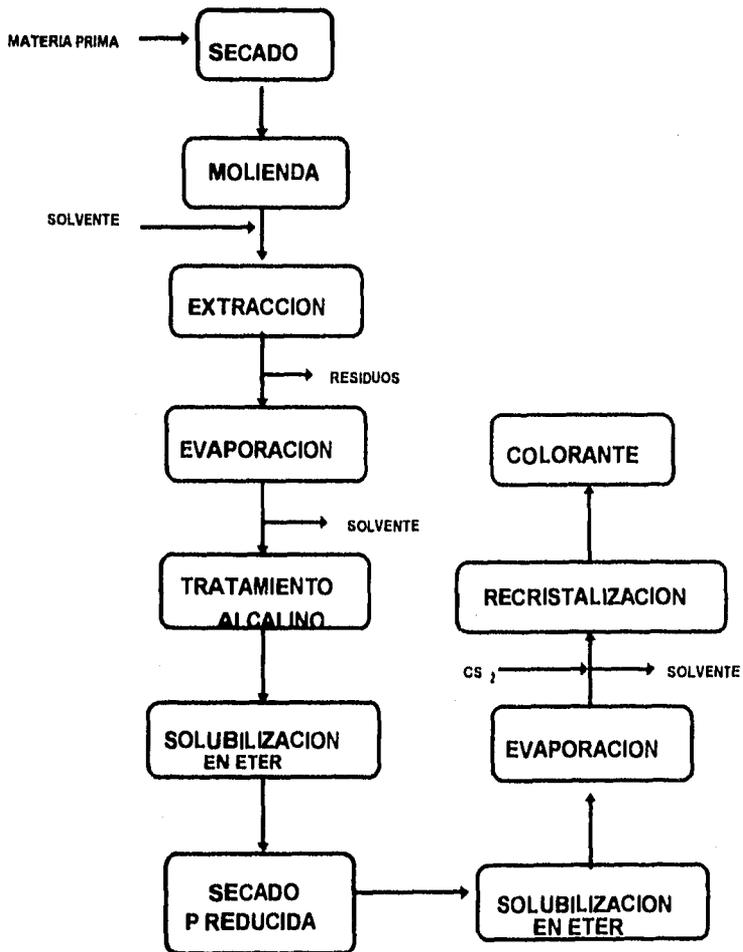
Obtenido a partir de paprika este pigmento se ha estudiado desde 1817, sin embargo no fue sino hasta que se extrajeron a partir de Chile en 1927 que se denominó Capsantina. Su estructura es la siguiente:



La capsantina se encuentra principalmente en la paprika y pimientos rojos, es altamente soluble en cloroformo y acetona y poco soluble en etanol. Una desventaja es que proporciona sabor, por ello se emplea generalmente en sopas, botanas, aderesos y algunos quesos. ^{3,11,21,26}

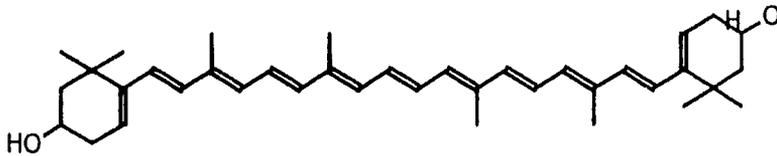
Su método de obtención es el siguiente:

EXTRACCION DE CAPSANTINA



ZEAXANTINA.

Se aisló por primera vez en 1929 y su estructura se determinó en 1931:

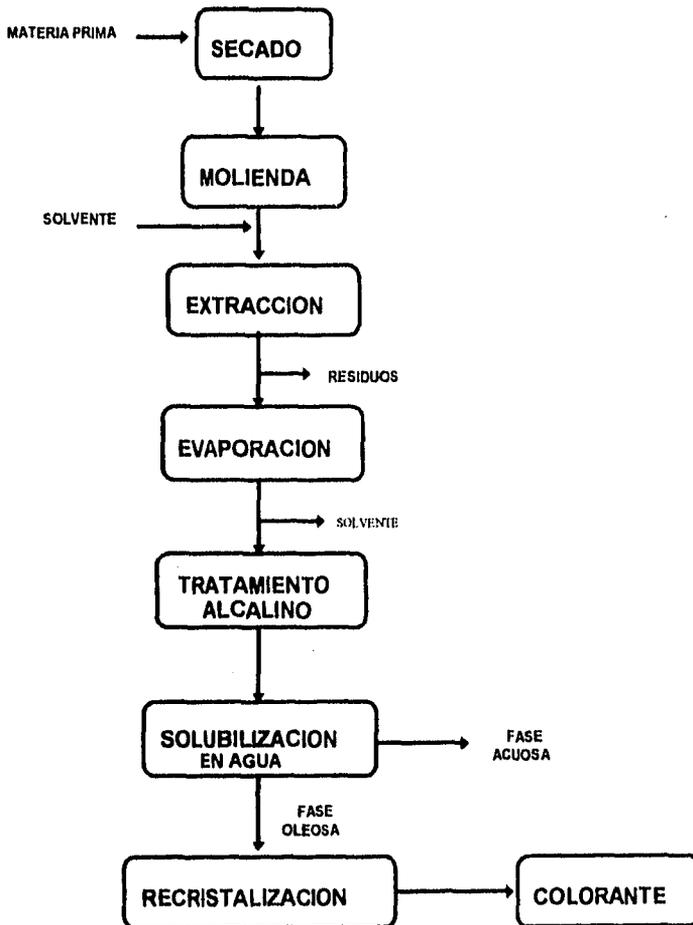


ZEAXANTINA

Esta ampliamente distribuida en la naturaleza, en estado libre o esterificada, en maíz amarillo, tomate, chile e inclusive yema de huevo. Es soluble en éter, acetona. No es un colorante muy usado pero debido a sus características se puede emplear en la coloración de margarina aceites comestibles y lácteos.

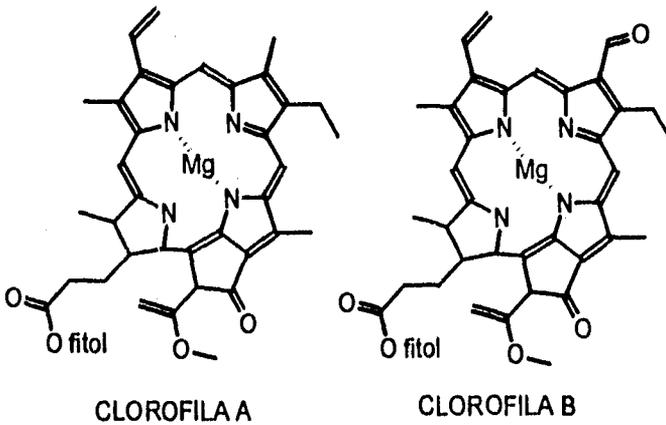
26,29

EXTRACCION DE ZEAXANTINA



3.2 CLOROFILAS.

Son los principales causantes del color en las plantas superiores, generalmente se denomina clorofila a la combinación o mezcla de la clorofila a y la clorofila b ya que siempre se encuentran juntas. Existen diferentes tipos de clorofilas: Clorofila a, Clorofila b, Clorofila c y clorofila d, e inclusive Clorobiumclorofilas y bacterioclorofilas. Sin embargo en alimentos las clorofilas más importantes son la a y la b:



La presencia de un grupo formilo en la posición 3 de la clorofila a hace la diferencia entre ambas. Son solubles en alcoholes, benceno, éter y acetona. La acidez, la temperatura y la presencia de oxígeno alteran la coloración de las clorofilas, en estas condiciones el Mg que se encuentra en el centro de la molécula es sustituido por H pasando de un color verde brillante a un verde olivo.

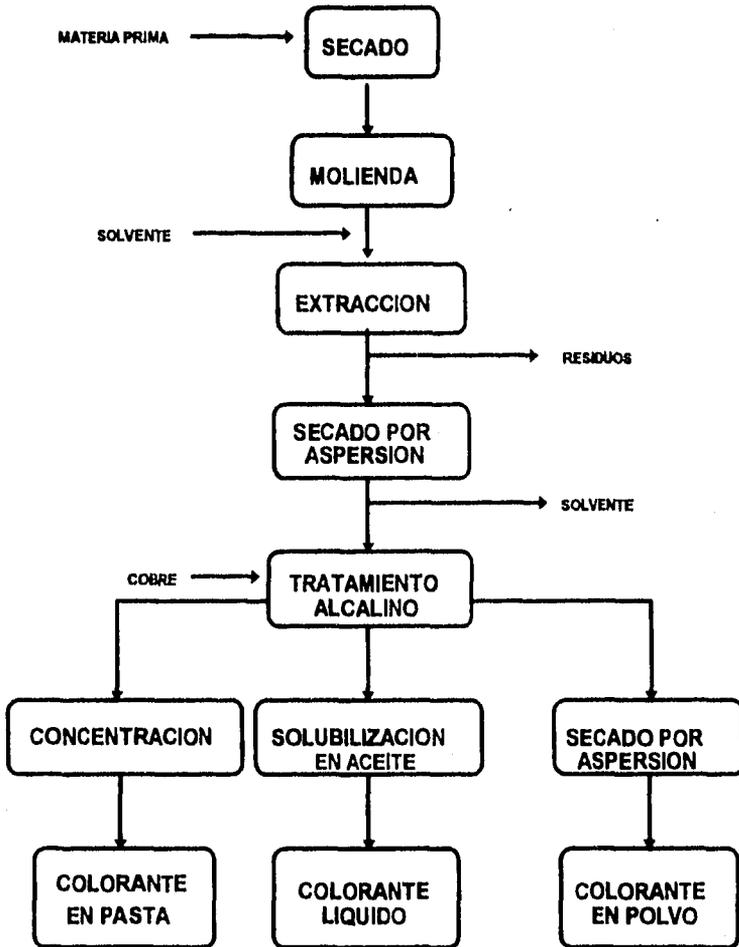
La clorofila se extrae principalmente de alfalfa o pastos verdes con acetona o etanol, aunque en realidad el extracto contiene: 60% Clorofila a, 25% Clorofila b, 10% Xantofilas y 5% Caroteno.

El uso de la clorofila en alimentos es amplio debido a que puede colorear alimentos cuya base sea agua o grasa. Se emplea en dulces, vegetales, panificación, sopas, gelatinas, caramelos.^{9,12,21,26}

La clorofila se extrae principalmente de alfalfa o pastos verdes con acetona o etanol, aunque en realidad el extracto contiene: 60% Clorofila a, 25% Clorofila b, 10% Xantofilas y 5% Caroteno.

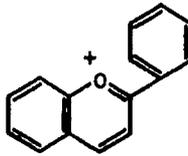
El uso de la clorofila en alimentos es amplio debido a que puede colorear alimentos cuya base sea agua o grasa. Se emplea en dulces, vegetales, panificación, sopas, gelatinas, caramelos. ^{9,12,21,26}

EXTRACCION DE CLOROFILA



3.3 ANTOCIANINAS.

Estos pigmentos son ampliamente distribuidos en la naturaleza. Fueron descubiertos en 1835 y su estructura general se determinó en 1913:



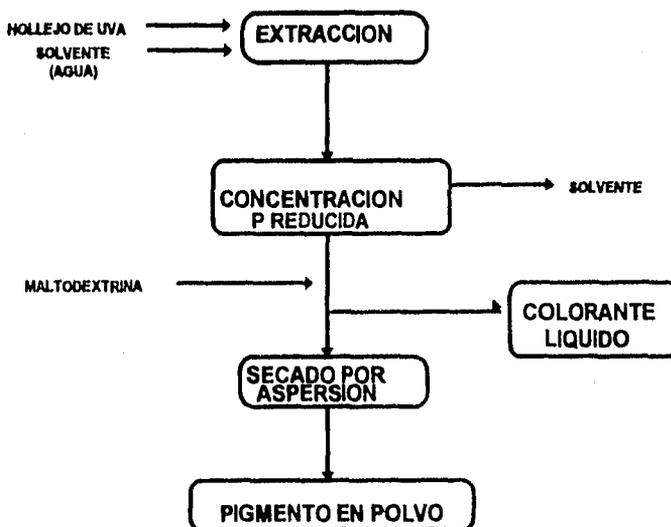
ION FLAVILIO
Estructura general de las antocianinas

Se conocen 20 diferentes antocianinas, sin embargo, sólo 6 son importantes en alimentos: malvidina, petunidina, cianidina, peonidina, pelargonidina y delphinidina. Generalmente se obtienen de desechos de uva lo cual disminuye los costos, no obstante se pueden extraer de durazno, zarzamora, arándano, grosella, frambuesa, cereza.

Son solubles en agua estables a pH cercano a 3, al calor y a la luz. Se oxidan fácilmente y son inestables en presencia de SO₂, de ácido ascórbico y iones metálicos.

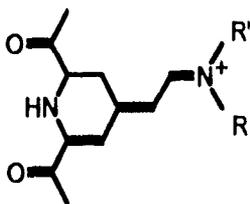
Se emplean básicamente para colorear bebidas carbonatadas.^{26,34}

EXTRACCION DE ANTOCIANINAS



3.4 BETALAINAS.

Se aislaron por primera vez en 1963 son aminoácidos con un grupo amino cuaternario



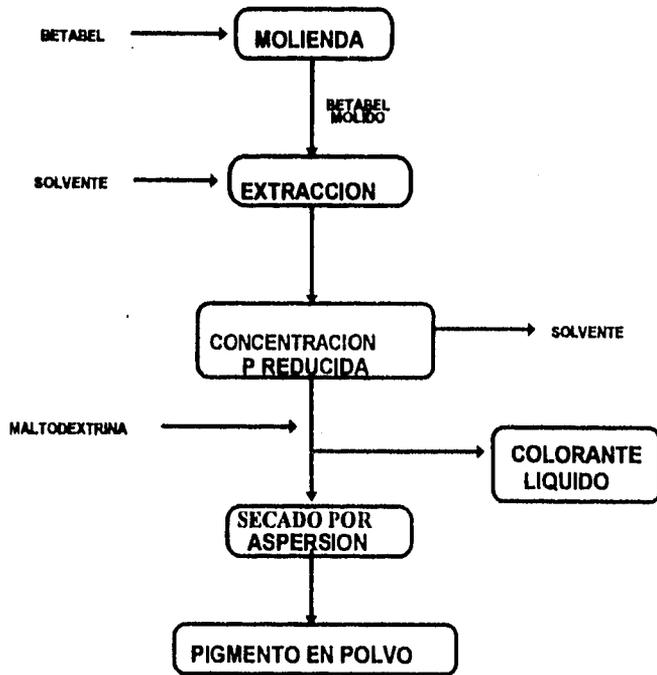
Estructura general de las betalainas

Se obtienen principalmente de betabel, de ahí su nombre, y de algunas especies de cactáceas. Existen dos tipos de betalainas: betacianinas y betaxantinas. Las primeras poseen una coloración rojo violácea mientras que las segundas una coloración amarillácea. Lo anterior depende de la resonancia que puedan producir los grupos sustituyentes.

Son inestables ante la luz, temperatura, pH ácido, agentes quelantes u oxidantes. Sin embargo la presencia de sacarosa y algunos aminoácidos como glicina y triptófano favorecen su estabilidad. Son altamente solubles en agua. Se emplean en gelatinas, pudines, helados de crema, clara de huevo, repostería, yoghurt y bebidas en polvo. Su extracción se realiza de la siguiente manera:

Se pueden separar los dos tipos de betalainas por cromatografía en columna o de intercambio iónico, o por ultrafiltración u ósmosis inversa, pero esto evidentemente incrementa su costo. ^{22,26,33}

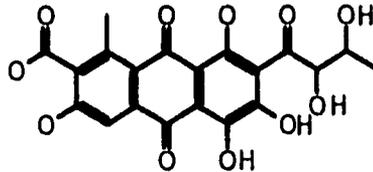
EXTRACCION DE BETALAINAS



3.5 ROJO COCHINILLA.

Es un colorante de origen animal usado desde épocas prehispánicas, es extraído de las hembras de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa* (*Coccus cacti* L.)) que habita en México, América central y la India.

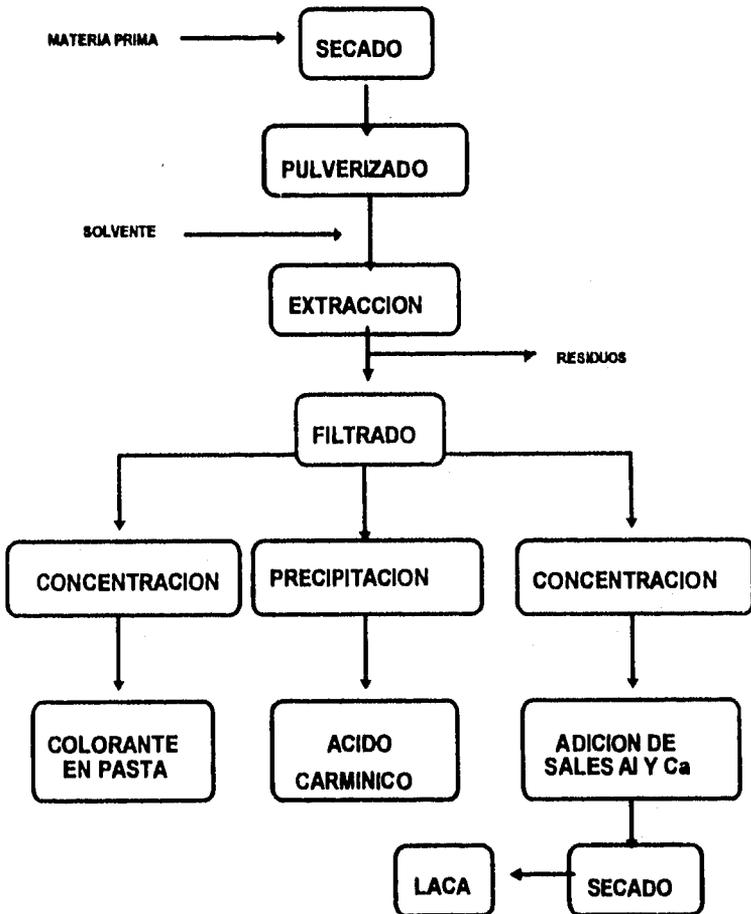
El principal colorante de la cochinilla es el ácido carminico:



ACIDO CARMINICO

presenta una coloración púrpura la cual se ve afectada por el pH: en condiciones básicas es amarilla y en condiciones ácidas es roja. Es un derivado de antraquinona soluble en agua y etanol. Se acompleja con Al para formar el carmin que es una laca.^{26,35}

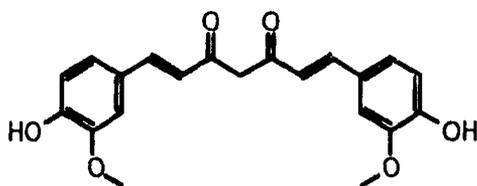
EXTRACCION DE COLORANTES DE LA COCHINILLA



3.8 CURCUMA.

Se extrae de la *Cúrcuma longa*, planta de la familia de las Zingiberaceas cultivada en el medio oriente. Las coloraciones amarillo naranja que proporciona, se utilizan en salsas, rellenos, postres de leche, margarinas y confitería.

La curcumina es el principio colorante de la *Cúrcuma* y se encuentra en una proporción del 5 % en los rizomas secos de la *Curcuma longa*. Su estructura es la siguiente:

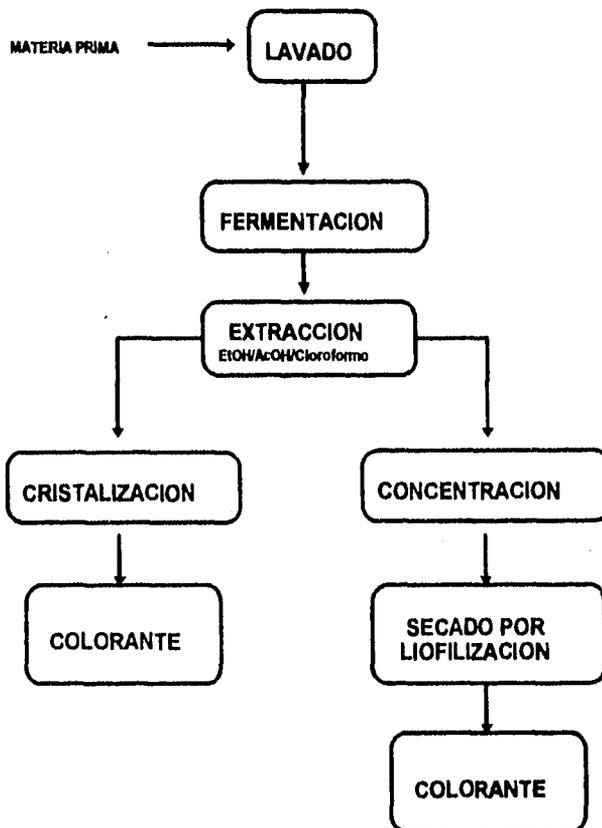


CURCUMINA

La curcumina es insoluble en agua fría y parcialmente soluble en agua caliente, es soluble en etanol y éter y es altamente soluble en ácido acético glacial. En alcalis su coloración es rojo pardusca, es relativamente estable al calor, pero se decolora con la luz del sol.^{21,28}

El método de obtención de la *Curcuma* es el siguiente:

EXTRACCION DE CURCUMA



4.RESULTADOS.

El planteamiento del proceso general de extracción de colorantes naturales es meramente teórico. Con los datos obtenidos de la investigación bibliográfica se elaboró la tabla 1 que contiene las operaciones que intervienen en la extracción de los colorantes. Se realizaron comparaciones de las diferentes operaciones que intervienen en la extracción de cada colorante. Cabe hacer notar que se incluyó el TROCEADO, de la materia prima, ya que este permite un secado más eficiente.

Con la comparación entre los métodos de obtención se planteó un método teórico que funcione para la mayor variedad de colorantes naturales.

La comparación arrojó el siguiente proceso general de obtención de colorantes :

El diagrama de flujo presentado puede ser aplicado en teoría para los siguientes colorantes: beta caroteno, criptoxantina, zeaxantina, bixina, capsantina, clorofila, crocetina y crocina.

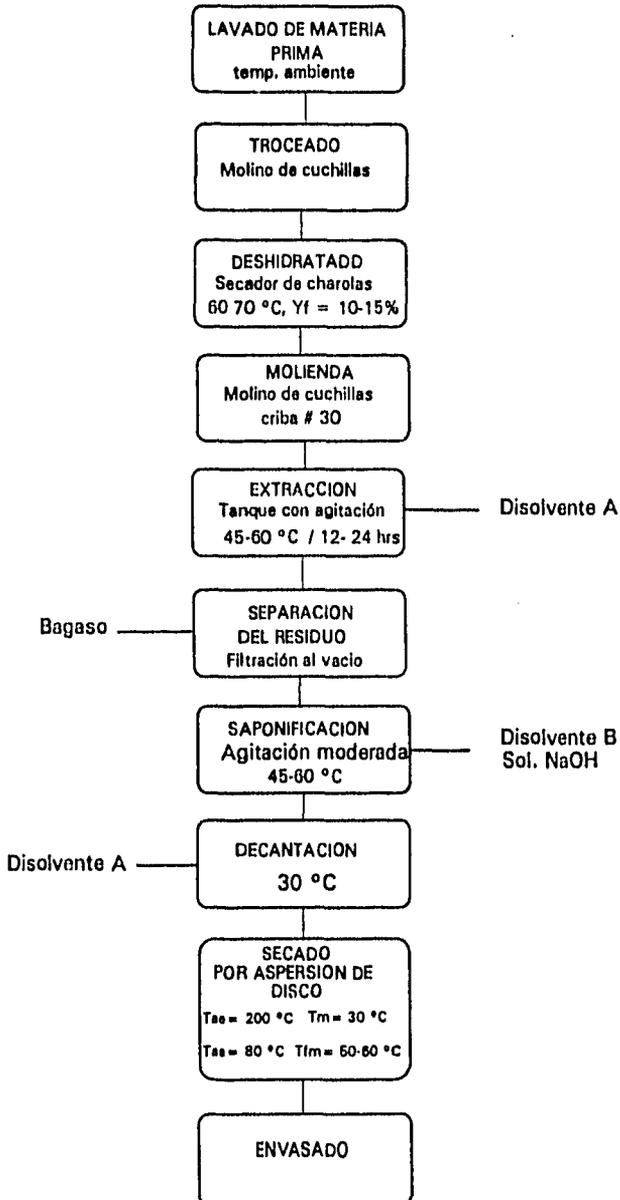
TABLA I

	B CAROTENO	CROCINA	CROCETINA	CRIPTOXANTINA	ZEAXANTINA
SECADO	X	X	X	X	X
MOLIENDA	X			X	X
EXTRACCION	X	X	X	X	X
EVAPORACION			X	X	X
CONCENTRACION	X				
PRECIPITACION		X			
CRISTALIZACION	X	X	X	X	X
SAPONIFICACION			X	X	X
ADICION DE REACTIVO	X				
SECADO/ASPERSION					
DESTILACION					
LIOFILIZACION					
CROMATOGRAFIA					
	B CAROTENO	CROCINA	CROCETINA	CRIPTOXANTINA	ZEAXANTINA
DISOLVENTE					
ETER DE PETROLEO	X				
METANOL		X	X	X	
ACETONA					
AGUA /MeOH					
CLOROFORMO	X	X	X	X	
ETER	X				X
AGUA					
EIOH/ACIDO					
ACEITE					
ETER/BENCENO					
ETANOL				X	
AC ACETICO					
CLOROFORMO/ETER					X
AC ETILO/AC ACETICO					
EIOH/AC ACETICO					
DISULFURO DE C	X	X	X		
BENCENO	X			X	
HEXANO		X	X	X	
PIRIDINA		X	X	X	

TABLA I

	CLOROFILA	ANTOCIANINAS	BETALAINAS	CURCUMA	CAPSANTINA	BIXINA
SECADO	X				X	X
MOLIENDA	X			X	X	X
EXTRACCION	X	X	X	X	X	X
EVAPORACION					X	X
CONCENTRACION		X	X	X	X	
PRECIPITACION					X	
CRISTALIZACION				X	X	X
SAPONIFICACION	X				X	
ADICION DE REACTIVO	X	X	X		X	
SECADO/ASPERSION	X	X	X			
DESTILACION						
LIOFILIZACION				X		
CRDMATOGRAFIA					X	
	CLOROFILA	ANTOCIANINAS	BETALAINAS	CURCUMA	CAPSANTINA	BIXINA
DISOLVENTE						
ETER DE PETROLEO						
METANOL	X				X	
ACETONA	X				X	X
AGUA /MeOH			X			
CLOROFORMO				X	X	X
ETER						
AGUA		X				
EIOH/ACIDO			X	X		
ACEITE						
ETER/BENCENO						
ETANOL						
AC ACETICO						
CLOROFORMO/ETER						
AC ETILO/AC ACETICO				X		X
EIOH/AC ACETICO						
DISULFURO DE C						X
BENCENO						
HEXANO						
PIRIDINA						

PROCESO TEORICO GENERAL
PARA LA EXTRACCION DE COLORANTES NATURALES



DESCRIPCION DEL PROCESO

LAVADO DE MATERIA PRIMA: Se realiza para eliminar la basura, tierra y/u otras impurezas que tenga la materia prima.

TROCEADO: Con el troceado facilitamos el secado de la materia prima al aumentar el área de contacto.

SECADO: Permite optimizar la extracción haciendola más rápida y aumentando el rendimiento.

MOLIENDA: Aumenta la superficie de contacto de la materia prima con el solvente acelerando la extracción e incrementando el rendimiento.

EXTRACCION: Pone en contacto el pigmento con el solvente pasandolo a fase líquida. La temperatura, el tiempo y la agitación son los parametros más importantes para una buena extracción a demás de la superficie de contacto.

SEPARACION DEL RESIDUO: Elimina el bagaso dejando únicamente el pigmento en solución.

SAPONIFICACION: Elimina impurezas que se encuentren unidas al pigmento, liberandolo y mejorando su solubilización.

CONCENTRACION: Elimina el solvente facilitando el secado:

SECADO: Elimina el solvente hasta obtener un polvo seco.

ENVASADO.

CONCLUSIONES:

El método planteado resulta ser adecuado, en teoría, para ocho colorantes de los cuales seis son carotenoides. Inicialmente resulta muy lógico que colorantes del mismo tipo tengan un método de extracción similar, lo cual de entrada facilita el desarrollo del proceso. Sin embargo, la clorofila y la zeaxantina de diferente origen dan mayor validez al proceso.

- Existe gran diversidad de colorantes naturales que aún no se explotan comercialmente.

- El método planteado en el presente trabajo se puede aplicar a ocho colorantes naturales.

- Es necesario realizar investigación acerca de otros tipos de colorantes para poder establecer si se puede explotar aún más este método.

- Las materias primas empleadas para la extracción de colorantes naturales en general son baratas, sin embargo esto no asegura una calidad constante de la materia prima.

Las bondades del proceso, están enfocadas a aumentar productividad de las pequeñas empresas que se dedican a la extracción de colorantes naturales y que ven detenida la producción cuando la materia prima escasea o sube de precio debido a la temporalidad de su producción. Una adecuada explotación de los recursos es el inicio más conveniente para incrementar y mejorar la productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Moore, Leticia. "The Natural vs Certified". Food Engineering, August 1991. Pp 60-73.
- 2.- Barranco Fernandez, Roberto. " Síntesis del proceso para la obtención de colorantes naturales a partir de flor de jamaica, flor de zempazuchitl y betabel para la industria alimentaria" Tesis UIA 1978.
- 3.- Gama Guzmán, María. " Nuevas aplicaciones de colorantes naturales para *Targetes erecta* y *Capsicum annum* en alimentos p/consumo humano y su desarrollo comercial" Tesis UIA 1992.
- 4.- Noticiero de desarrollo tecnológico en alimentos Número 2, 1992 PUAL, UNAM.
- 5.- Mewsome, Rosetta. "Food Colors" Food Technology. July, 1986 pp 44-57.
- 6.- Little, Angela " The eyes have it" Journal of de American Dietetic Association. December, 1980. Pp 688-691.
- 7.- Anónimo. "Food Colors". Food Technology July 1980. Pp77-84.
- 8.- Meggos, Harry. "Colors: Key Food Ingredients" Food technology. January 1984 pp 70-74.
- 9.- Weissler, Alfred. "FDA Regulations of Food Colors". Food Technology. May 1995. pp 38-46
- 10.- Kassner, James. "Modern Technologies in the manufacture of certified food color". Food technology. April, 1987. pp 74-76.
- 11.- Francis. F.J. " Lesser-Known Food Colorants". Food Technology. April, 1987. pp 62-69.
- 12.- Mecanism and theory in Food Chemistry. Chapter 4. Colorants. Van Nostrand Reinhold. 1989. New York, NY, pp 47.
- 13.- Bauer, Feynd, J.C. "Carotenoids as food colors" Food technology. May, 1985 pp 48.

14.- Calvo, C. "Uso de placas de referencia en la evaluación visual del color". Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1982 (32) 6 pp 589.

15.- Margaret McWilliams. "Foods experimental perspectives". McMillan Publishing. New York, NY. 1989, pp 30-33.

16.- Spears, Kenneth. "Developments in Food Colourings. The natural alternative. Trends biotechnology". Vol.6 # 6 pp 283-288. Noviembre 1988.

17.- Ottersäter, Gilbert. "Colorantes alimenticios. Ayer, hoy y mañana". Industria alimentaria.

18.- Boletín informativo ROCHE. Los carotenoides y sus aplicaciones.

19.- Knott, Michell. "Colors a consumer whitewash" Food Manufacture, February, 1989, pp 21-23.

20.- Schwarts, R & co. Boletín de educación bioquímica. Vol 8 # 3 Septiembre 1989, pp 44-51.

21.- Badui, Salvador. Química de los alimentos. Universidad/Alhambra. 2ª edición. 1990. Pp 378-403.

22.- Marnion, Daniel. Handbook of U.S. colorants. 3ª edition. 1991.

23.- Diccionario de especialidades de la industria alimentaria. 1995 pp 345-347.

24.- Dziezak, Judie. "Applications of food colorants". Food Technology, April 1987, pp78-88.

25.- Skoog, Douglas. Análisis Instrumental. Seg. Edición 1984. Nueva Editorial Interamericana. pp 179-180.

26.- Santos, Elvira. "Colorantes en la industria alimentaria" 1ª ed. PUAL, UNAM 1988.

27.- Secretaría de Salud. Ley General de Salud. Diario Oficial 2º tomo. 1988 s/n.

28.- Food Colorants, Sourcebook flavors. chap. Pigments.

29.- Karrer, Paul. Carotenoids. Elsevier Publishing 1950. 180-189.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

30.- Lewis. R. Food aditives Handbook. Van Nostrand Renhold. New York, N.Y. 1989.

31.- Roboh, M. "Natural colors, what works...what doesn't" Food engineering. pp 49. Sep, 1989,

32.- Beverfind, Christopher. "Carotenoids as colorants and vitamins precursor" 1^o de. 1987. Elsevier Publishing. pp129-134.

33.- Von Elbe, J. "Stability of betalaines as food colors". Food Technology May 1985. pp 42-45.

34.- Francis, F.J. "Anthocyanin as food colors". Food Technology. May, 1985. pp 52-55.