



300618

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

15
2ej

"ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE
GRANA COCHINILLA PARA LA OBTENCION DE SUS
PRINCIPALES DERIVADOS: EXTRACTO DE COCHINILLA,
CARMIN DE COCHINILLA Y ACIDO CARMINICO"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :

JORGE ALBERTO PEREZ DIAZ

DIRECTOR DE TESIS: M.C. ARMANDO QUINTANILLA PEREZ LETE

MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION. 1

CAPITULO 1. LOS COLORANTES NATURALES UTILIZADOS EN ALIMENTOS. 5

Definición. Importancia. Clasificación: Colorantes de origen vegetal, de origen animal y de origen mineral. Otros colorantes naturales. Toxicidad de los colorantes sintéticos y resurgimiento de la grana cochinilla.

CAPITULO 2. LA GRANA COCHINILLA. 26

Definición. Características principales. La cochinilla en México: Su historia. La coccinocultura o cría de la cochinilla. Plantas hospederas. El ciclo biológico del insecto. Cría y cosecha de la grana.

CAPITULO 3. LOS PRODUCTOS DERIVADOS DE LA GRANA COCHINILLA. 53

Los productos comerciales de la grana: Cochinilla seca, Extracto de cochinilla, Carmín y Acido Carmínico. Aplicaciones de los derivados de la grana.

CAPITULO 4. EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACION.

77

Importancia. El proceso y la Ingeniería Química. Características del proceso. Operaciones y Procesos Unitarios para: Extracto de cochinilla, Acido Carmínico y Carmín. Análisis de la planta: Diagrama de bloques. Equipo utilizado. Estructuración principal y diagrama de equipo. Esquema de producción de la planta.

CAPITULO 5. ASPECTO COMERCIAL DE LA GRANA COCHINILLA.

107

Antecedentes. Mercado mundial. Situación actual en el Estado de Oaxaca. El producto en el mercado. Comportamiento de la oferta. Comportamiento de la demanda. Consumo nacional : Importaciones. Proyección a futuro.

CONCLUSIONES.

129

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

132

I N T R O D U C C I O N

Existe un insecto perteneciente al orden de los Homópteros, familia Dactylopiidae y género Dactylopius, que es oriundo de nuestra República y que es además, el que suministra a la industria la materia prima del producto que constituyó, como todos sabemos, una gran fuente de riqueza para nuestro país y para todos aquellós en los que logró aclimatarse. Este precioso insectito es conocido con el nombre vulgar de grana o cochinilla del nopal y constituye el tema central sobre el que gira el desarrollo de este trabajo.

Además, es importante mencionar que dicho trabajo de tesis está enfocado directamente hacia el estado de Oaxaca, y de manera específica a la región del Valle Central, ya que es ahí donde se da prioridad al manejo de los Programas de Apoyo para el Cultivo de la Grana Cochinilla, los cuales son distribuidos posteriormente a las restantes regiones del estado.

Desde el año de 1526, hasta que la industria química fabricó las anilinas y demás colorantes de tipo sintético, este animalito fué para México un artículo de exportación muy importante, siéndolo también, en años posteriores, de otros países en que se diseminó y que se dedicaron a explotarlo.

En la actualidad la agricultura afronta serios problemas principalmente en zonas áridas y semiáridas donde las

condiciones ecológicas y climáticas permiten solamente el desarrollo de ciertas especies, que aunque han sido poco estudiadas, representan una importante alternativa para el desarrollo agrícola del país, así como de manera particular para algunas regiones del estado de Oaxaca.

Las Opuntias son plantas de adaptación a una amplia gama de suelos y climas, adquiriendo una elevada importancia económica y social, pues son recursos que se utilizan en la producción de cladodios tiernos para verdura, forraje y frutos, así como también son la fuente primordial para la obtención de carmín, colorante natural obtenido mediante el cultivo de la Grana Cochinilla, que vive parasitando los nopales.

Este aspecto es de gran importancia para un país como México, donde las zonas áridas constituyen cerca del 60% del territorio nacional y sus condiciones son desfavorables para la producción de alimentos; de manera especial, en el estado de Oaxaca, la cría de la Grana Cochinilla se presenta en huertos familiares prevaleciendo como una actividad complementaria a la agricultura de subsistencia de los productores campesinos; aunque desafortunadamente se lleva a cabo sin una planeación que permita un mayor aprovechamiento tanto de las plantas como del insecto.

Este insecto, el Dactylopius coccus Costa, ha sido, como ya se mencionó, una de las principales fuentes de colorante de

origen natural. Cultivado desde la época prehispánica por diversos pueblos mesoamericanos establecidos en México y en el Perú, y posteriormente llevado por los españoles a Europa, en donde desplazara a otros colorantes; iniciándose la industria de la cochinilla, que diera renombre a la Nueva España. Después de su decadencia, ocurrida durante el siglo XIX, inicia su resurgimiento en la segunda mitad del presente siglo al descubrirse la toxicidad de los colorantes rojos sintéticos empleados en la industria de los alimentos, bebidas, cosméticos, textiles, etc., siendo el estado de Oaxaca la zona productora de grana más importante en nuestro país.

El presente trabajo tiene como principal objetivo aprovechar la producción de grana cochinilla existente en el estado de Oaxaca para lograr la obtención de sus principales derivados: extracto de cochinilla, carmín de cochinilla y ácido carmínico, mediante una propuesta de industrialización que permita contribuir tanto al rescate de la cría del insecto como a mejorar la oferta de sus derivados en vista de la creciente demanda, y presentando así una alternativa que a futuro, pueda convertirse en una actividad económicamente productiva para el Estado.

Además, cabe mencionar que el tema desarrollado en este trabajo de tesis es una respuesta personal que surge ante la inquietante lucha que se lleva a cabo en el estado de Oaxaca por sacar adelante la industria que en otros tiempos ocupara en

México el tercer lugar de importancia, después del oro y la plata. y que aunque en la actualidad cuenta con el apoyo de investigadores y de instituciones tanto estatales como federales, como industria ha decrecido considerablemente, y si esto parece desalentador, no se debe olvidar que la voluntad y el trabajo son palancas poderosísimas con las que todo se puede; además, como comenta el señor Moisés Herrera, estudioso de la cochinilla:

" Si la gente de campo tomara cariño por esta industria moribunda, ella premiaría con creces todos sus desvelos, todos sus afanes, y ¿quién sabe si hasta volviendo por sus prerrogativas, lograra ocupar de nuevo, como antaño, su esplendente trono? "

CAPITULO 1

LOS COLORANTES NATURALES UTILIZADOS EN ALIMENTOS

Definición

Un colorante se define como la sustancia que se obtiene de fuentes ya sea vegetales, animales, microorganismos o minerales, o bien a través de síntesis química y que se usa para impartir o acentuar el color.

Estas sustancias, poseen un color intenso que, como se mencionó anteriormente, puede usarse para producir un alto grado de coloración cuando se dispersan en otros materiales o se hacen reaccionar con los mismos por medio de un proceso que, cuando menos temporalmente, destruye la estructura cristalina de la sustancia. Esta característica es la que diferencia a los colorantes de los pigmentos, que casi siempre se aplican en forma de agregados o de cristales insolubles.

Importancia de los colorantes

Hablar de la importancia que tienen los colorantes y en especial lo que es el color como tal, puede ser un tema muy extenso, sin embargo, si observamos con detenimiento, nos daremos cuenta de que el color está presente en todo lo que nos rodea y que forma parte de nuestra vida cotidiana. Utilizamos los colores para captar y para transmitir mensajes, por

ejemplo, se utilizan colores para movilizar el tráfico, para denotar estados de ánimo como puede ser el luto o la alegría y en ocasiones quedamos desconcertados cuando los colores difieren de lo que nosotros esperamos, tal es el caso de cuando el cielo adquiere una tonalidad grisácea y nos augura mal tiempo o cuando vemos a alguien con el pelo azul.

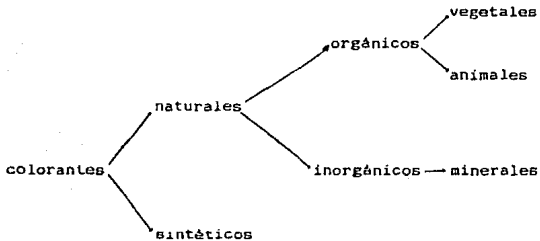
Lo mismo sucede en el caso de los alimentos que consumimos, pues tenemos ideas ya concebidas de su apariencia, sabor y en especial de su color, el cual los hace concordar con nuestras percepciones y en ocasiones es factor determinante para consumir o no dichos alimentos o productos.

Todo lo anterior nos da una idea de lo importante que es el color y del papel que desempeña a diario en nuestra vida, y con base en lo anterior, debemos tener presente que los colorantes deben ser siempre utilizados para el bienestar de la humanidad.

Clasificación

Como en cualquier proceso de clasificación, los colorantes también presentan algunas variaciones, es decir, se pueden clasificar no solamente de forma única, por ejemplo, desde el punto de vista del usuario, la mejor clasificación es la que se basa en el método de aplicación, y por otro lado, el fabricante de colorantes prefiere clasificarlos con el tipo químico.

Sin embargo, la clasificación más aceptada los divide de la manera siguiente:



Los colorantes sintéticos no son extraídos en forma natural de alguna planta, animal o mineral, sino que se producen mediante síntesis química y con una estructura perfectamente conocida; es importante mencionar que para que se permita su uso en alimentos, deben cumplir con altas especificaciones de pureza que establece la Secretaría de Salud. La importancia de estos colorantes es considerable y mantiene un elevado nivel de producción, debido a la variedad de tonos disponibles, su uniformidad, brillantez, estabilidad y solubilidad.

Por otro lado, los colorantes orgánicos naturales comúnmente conocidos como colorantes naturales, son los que se obtienen de

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

fuentes animales, vegetales o de microorganismos o los que se producen mediante síntesis química y que son compuestos idénticos a los naturales.

Estos colorantes están exentos de certificación pues no representan ningún riesgo para la salud y su uso está regulado en nuestro país por la Secretaría de Salud.

Colorantes de origen vegetal

Entre los colorantes de origen vegetal se encuentran los carotenoides, las antocianinas, las betalainas, las clorofilas y otros más como los pigmentos de gardenia, índigo natural, rubia, tornasol y orcina (de los líquenes), palo azul, Campeche, palo amarillo, palo rojo o leño de sándalo, azafrán, y gran variedad que se pueden aplicar a los alimentos.

Carotenoides

Los carotenoides son pigmentos que se encuentran en muchas flores, frutos y semillas. Todos son anaranjados, algunos más rojos y otros amarillos, pero siempre en esta banda de color.

Estos colorantes son bastante estables y no presentan gran pérdida de su color cuando son sometidos a ebullición por largos períodos, pero es necesario considerar el tipo de empaque a utilizar en su envío y distribución, puesto que se decoloran al ser expuestos al sol durante tiempos prolongados.

Los carotenos como el beta-caroteno, el beta-apo-8-carotenal y la cantaxantina son colorantes idénticos a los naturales, obtenidos por síntesis química.

Beta-caroteno

El beta-caroteno es un colorante natural y fue uno de los primeros colorantes obtenidos por síntesis química. Presenta actividad de provitamina A e imparte un vivo color que va del amarillo al rojo en los productos en los que se incluye como son aderezos, dulces, caramelos y bebidas de naranja.

El beta-caroteno es relativamente estable en un rango de pH del 2 al 7, y es susceptible a la luz; los niveles de uso que son particularmente bajos 3 a 3.5 mg/lb son regidos por buenas prácticas de manufactura, es decir, la máxima cantidad permitida es aquella que puede producir un efecto indeseable.

Beta-apo-8-carotenal

Es un carotenoide obtenido por síntesis química, idéntico al de origen natural que se obtiene al oxidar el beta-caroteno con permanganato de potasio.

Presenta actividad de provitamina A ligeramente menor que el beta-caroteno. En los alimentos imparte un color vivo que va desde el naranja hasta naranja-rojizo, y es utilizado principalmente en el procesamiento de quesos y en aderezos para ensaladas proporcionando un color uniforme, y ha sido propuesto

por su mayor estabilidad como sustituto de la paprika y/o la oleoresina de paprika en una gran variedad de aderezos incluyendo aderezos de bajas calorías. Su uso en alimentos está restringido a una dosis no mayor de 15 mg/lb.

Cantaxantina

Es un carotenoide sintético que es idéntico al natural. Difiere del beta-caroteno y del beta-apo-8-carotenal en que no presenta actividad de provitamina A. Imparte un color anaranjado rojizo a rojo en los alimentos, utilizándose en un amplio rango de productos, generalmente en aderezos para ensaldas, bebidas, helados y caramelos macizos.

La cantaxantina es más estable a la luz que el beta-caroteno y la oleoresina de paprika y su uso está legalmente permitido en una cantidad no mayor de 30 mg/lb.

Achiote

Es un carotenoide natural extraído de las semillas del árbol Bixa Orellana, encontrándose principalmente en áreas tropicales de los Estados Unidos de América, Perú, Brasil, Jamaica y México.

Este pigmento es estable al calor, al oxígeno y pH, pero presenta degradación a la luz, particularmente a la fluorescente. El rango de color proporcionado a los alimentos va del amarillo al naranja-rojizo y es usado en confitería,

refrescos, queso, margarina, helados y salsas. Los límites de su uso están dados por las buenas prácticas de manufactura.

Crocina

Es el principal pigmento del azafrán y de la gardenia y dentro de los carotenoides es el único soluble en agua, con alto poder tintóreo y coloraciones que van del rojo al naranja que no se ven afectados por el pH.

Sus aplicaciones más importantes están en la industria de la confitería y bebidas.

Antocianinas

Son pigmentos que se encuentran generalmente en frutas y legumbres como el maíz morado, cereza, zarzamora y de los cuales se preparan los extractos y concentrados utilizados en la industria.

Las coloraciones que ofrecen estos pigmentos van del rojo al azul, dependiendo de la estructura, pH y grado de complejidad; se usan principalmente en bebidas de frutas, dulces y vinos.

Su poder de tinción funciona mejor a valores de pH abajo de 4 y su uso práctico ha tenido una muy larga historia, de forma particular en la coloración de vinos. Las restricciones en su uso se deben al alto contenido de taninos que contienen muchos de los extractos de antocianinas.

Betalainas

Son un grupo de pigmentos que se encuentran distribuidos en el reino vegetal encontrándose principalmente en el betabel el cual contiene los dos compuestos pertenecientes a este grupo: las betacianinas (rojo) y las betaxantinas (amarillo). El extracto de betabel es soluble en agua, tiene una buena estabilidad a un rango de pH de 3.5 a 7 y es ligeramente sensible a la luz; imparte coloraciones del rojo al azul por lo que se le utiliza en productos en donde la base principal es agua, como bebidas líquidas y en polvo, productos lácteos dulces y gelatinas.

La profundidad del color y del tono deseados son limitantes en el uso de este pigmento, y corresponde normalmente al rango de 250 mg/lb.

Clorofila

Es el pigmento verde de las plantas por lo que se le considera el más abundante en la naturaleza. Su molécula puede contener cobre como reemplazante del magnesio en el anillo de porfirina, lo que produce un cambio en la coloración de verde amarillento opaco a un verde azulado claro con mayor resistencia al calor y más estable a la luz.

Este colorante es utilizado en alimentos cocinados en aceite, así como en salsas, confitería y pastas. Sus formas son hidrosolubles, ligeramente estables pero precipitan en soluciones con valores de pH bajos.

Gardenia

De esta planta se han extraído, recientemente, un grupo de pigmentos conocidos como iridoides los cuales tienen buena estabilidad además de presentar una amplia gama de colores como son el verde, rojo y azul que se pueden aprovechar en la coloración de licores, caramelos, hot-cakes, etc.

Cúrcuma

Es un colorante natural que se extrae de la Cúrcuma longa, planta de la familia de las zingiberáceas, cultivadas principalmente en Madagascar y en el Extremo Oriente.

Además, constituye una fuente de pigmentos amarillo-naranja que se aprovechan en alimentos tales como salsas, rellenos, cubiertas, confitería, postres de leche y margarinas. La cúrcuma es relativamente estable al calor, sin embargo se decolora ante la luz del sol y puede utilizarse en cantidades necesarias bajo buenas prácticas de manufactura.

Colorantes de origen animal

En lo que respecta a esta división, es posible obtener colorantes que tienen aplicación en la industria alimentaria, dentro de los cuales se encuentra el rojo cochinilla, rojo de Armenia, el kermes y la laca.

Rojo cochinilla

Es el colorante que se obtiene de los cuerpos secos de las hembras del insecto *Dactylopius coccus* Costa, que contiene ácido carmínico como colorante principal.

La coloración que posee es rojo púrpura pero puede cambiar dependiendo del pH, con los metales puede formar complejos en cuyo caso la coloración que se obtiene es rojo brillante. Como colorante de alimentos se aplica en bebidas, aderezos, ensaladas, yoghurt, helados, jaleas, goma de mascar.

Rojo Armenia

Se obtiene de las especies *Porphyrophyra hameli* que es un insecto que crece en los pedúnculos y raíces de algunos tipos de pastos que se encuentran en regiones húmedas y alcalinas, especialmente en el Monte Ararat.

Kermes

Fue el producto más importante del Viejo Mundo que se prepara a partir del insecto *Kermes ilicis* o *Kermococcus vermilis* que crece en algunas especies de cedro en el oriente de Europa.

La introducción del rojo cochinilla, por sus excelentes rangos de uso y color, disminuyó la comercialización de este colorante en Europa.

Laca

La fuente de estos pigmentos es el insecto *Laccifera lacca* que vive en árboles como *Butea monosperma*, *Zizyphus mauretania* y *Schleichera oleosa*. Este insecto, además de representar una fuente de pigmentos, también es apreciado por ser fuente de goma laca.

Colorantes de origen mineral

Algunos minerales proporcionan colorantes que pueden aplicarse en los alimentos, y este es el caso del dióxido de titanio, el cual está aprobado para su utilización en alimentos en varios países.

Dióxido de titanio

Es el pigmento más blanco y brillante encontrado en la naturaleza en forma cristalina. Tiene excelente estabilidad a los cambios de pH, a la luz y a la oxidación, se utiliza en confitería permitiéndose legalmente en alimentos a niveles por encima del 1%.

Otros colorantes naturales

El caramelo es uno de los colorantes que no está incluido en las clasificaciones anteriores, puesto que es un colorante obtenido de la mezcla de varios carbohidratos que se procesan para ser utilizados en la industria alimentaria.

Caramelo

Es un líquido o sólido oscuro de color café parduzco que resulta del tratamiento con calor de los siguientes carbohidratos: dextrosa, azúcar invertido, lactosa, jarabe de malta, miel de piloncillo, sucrosa y almidones hidrolizados que imparten un color característico a los alimentos.

Este colorante no se ve afectado por la luz y resiste ciertas condiciones que destiñen a otros colorantes; es empleado principalmente en la industria de bebidas a base de cola así como en vinos, licores, cervezas, helados y pastelería.

Monascus

También existe la posibilidad de obtener colorantes a partir de especies microbianas como es el caso de Monascus, utilizado principalmente en Japón y en China en donde se le conoce como rojo monascus o como tinte de arroz malteado o germinado.

El colorante que se obtiene es la monascina y su aplicación en alimentos no representa ningún problema ya que es estable en un rango de pH de 2 a 10 con una coloración que va del amarillo al rojo.

TOXICIDAD DE LOS COLORANTES SINTETICOS Y RESURGIMIENTO DE LA COCHINILLA

A fines de 1985 el organismo federal estadounidense encargado de la salud publicó una lista de colorantes cuyo uso quedaba prohibido, entre ellos, numerosas anilinas muy usadas para teñir de rojo alimentos, medicamentos y cosméticos. Se argumentaba que su alto grado de toxicidad era la causa principal, pues al fijarse en los músculos lisos del cuerpo podían ser el origen de muchas enfermedades, entre ellas el cáncer. Muchas empresas farmacéuticas, alimentarias y las dedicadas a producir cosméticos se vieron obligadas a buscar un colorante rojo no tóxico susceptible de reemplazar a las anilinas.

Fue entonces cuando la cochinilla, el pequeño insecto parásito del nopal, fue puesta en la mira de las investigaciones por ser un colorante enteramente orgánico que presenta características químicas muy diversas. Por ejemplo, es uno de los raros colorantes rojos naturales que soportan el grado de acidez del alcohol.

El resurgimiento de la cochinilla dió inicio en la segunda mitad del presente siglo y específicamente al descubrirse la toxicidad de los colorantes rojos sintéticos que se emplean en las industrias alimentaria, farmacéutica y de cosméticos como

ya se mencionó anteriormente. Por otro lado, los ministerios de salud de las naciones europeas también prohibieron su empleo, obligando a las industrias a buscar sustitutos inocuos. Fué entonces cuando hechos como la reglamentación aprobada en Francia sobre el uso de colorantes nocivos a la salud, en la década de los setentas, iniciaron un aumento en la demanda de grana y su producto final, el carmín, en los mercados internacionales.

Ante la creciente preocupación de la comunidad científica por las diversas opiniones sobre los colorantes sintéticos, se llevaron a cabo serios estudios sobre los riesgos que implicaba su uso. Los resultados de este tipo de estudios no hicieron mas que confirmar lo que antes sólo se suponía, ya que resultaron determinantes en la prohibición del empleo de varios de ellos en la elaboración de alimentos. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) declararon que los colorantes basados en la bencidina¹ son cancerígenos humanos.

¹ Se ha demostrado que la bencidina, producto de la reducción de los azotinos es un potente cancerígeno/mutágeno que induce a la reparación del ADN in vitro en hepatocitos primarios de rata a muy bajas concentraciones. (Kornbrust, 1985).

El rojo Congo o rojo directo 2B, derivado de la bencidina, empleado como colorante biológico, indicador y colorante de antidotos, que apareciera en 1884 y que desplazara a la cochinilla en la industria textil, ha sido prohibido en la industria alimentaria debido a su posible teratogenicidad (mutaciones) y carcinogenicidad.

Se sabe que los colorantes como aditivos se han utilizado desde hace más de 3000 años, sin embargo, en aquél entonces se utilizaba el sulfato de cobre con sus diversos tonos azul y turquesa para colorear pepinillo, siendo esta sustancia altamente tóxica y a menudo mortal, y también se utilizaban las sales de plomo para colorear, sustancia también altamente tóxica. Fué en los siglos XVIII y XIX cuando surgió el escándalo sobre su uso indiscriminado para encubrir malas prácticas de manufactura prohibiéndose su uso.

Llegó el año de 1954 y fué en la ciudad de Ginebra, en Suiza, cuando se reunieron expertos en Nutrición y Aditivos Alimentarios del Comité Mixto de la FAO y la OMS, para que, en junio del año de 1957, en esa misma ciudad, se llegaran a conclusiones que determinaran la evaluación toxicológica de los diversos aditivos colorantes que se emplean en todo el mundo.

Dentro de las conclusiones obtenidas por los expertos, se

encuentran las recomendaciones siguientes, dirigidas a la FAO y la OMS:

1)

Que presten todo su apoyo a los estudios de investigación que puedan ayudar al desarrollo de mejores métodos para la evaluación de la inocuidad de los aditivos alimentarios.

2)

Que convoquen un comité mixto FAO-OMS de expertos en aditivos alimentarios con el fin de proceder a la redacción de especificaciones convenidas para los aditivos alimentarios más importantes, periódicamente.

3)

Que se estudie la conveniencia de encomendar el problema de la posible acción cancerígena y mutagénica de los aditivos alimentarios a un grupo de expertos.

4)

Que se analice la posibilidad de establecer un intercambio de informaciones inéditas referentes a las investigaciones sobre la inocuidad de empleo de los aditivos alimentarios.

Lo anteriormente descrito sobre los efectos tóxicos que presentan algunos colorantes sintéticos como lo es el caso de las anilinas, sugiere que la cochinilla tiene esperanzas de volver a ser el colorante natural por excelencia, y de la cual

se cosechó más de un millón de libras hace dos siglos. Hoy, una vez más, la industria internacional ha puesto su confianza en este pequeño insecto, del cual no se produce casi nada en México.

Por otro lado es importante mencionar, que en nuestro país, el organismo encargado de regular la utilización de los colorantes naturales permitidos en alimentos es la Ley General de Salud, concretamente en los artículos 692 y 693 de su Reglamento.

ARTICULO 692. Los colorantes orgánicos naturales permitidos son:

- I. Aceite de zanahoria (*Daucus carota*, L.)
- II. Achiote, annato (extracto de semillas de *Bixa orellana*)
- III. Azafrán (estigma de *Crocus sativus* L.)
- IV. Beta-apo-8-carotenol
- V. Betabel deshidratado
- VI. Beta caroteno
- VII. Caramelo
- VIII. Clorofila
- IX. Cochinilla (extracto de *Coccus cacti*, L., o carmín)
- X. Cúrcuma (polvo y oleoresina del rizoma de *Cúrcuma longa*)
- XI. Extracto de tegumento de uva (Enocianina)
- XII. Harina de semilla de algodón cocida, tostada y parcialmente desgrasada
- XIII. Jugos de frutas
- XIV. Jugos de vegetales
- XV. Pimiento
- XVI. Pimiento oleo-resina
- XVII. Riboflavina
- XVIII. Xantófilas, flavoxantina, rubixantina, zeaxantina y los productos naturales aprobados que los contengan
- XIX. Otros que determine la Secretaría.

ARTICULO 693. Los colorantes orgánicos sintéticos o colorantes artificiales permitidos en alimentos son:

- I. Amarillo No. 5 (Tartrazina) color index (C.I) No. 19140
- II. Azul No. 1 (Azul brillante F.C.P.) C.I. No. 42090
- III. Azul No. 2 (Indigotina) C.I. No. 73015
- IV. Rojo cítrico No. 2 (Sólo se permite para colorear la corteza de la naranja) C.I. No. 12156
- V. Rojo No. 3 (Eritrosina) C.I. No. 45430
- VI. Rojo No. 40 (6-hidroxi-5((2-metoxi-5-metil-4-sulfofenil)azo))-2-naftalensulfonato disódico)
- VII. Verde No. 3 (Verde firme F.C.F.) C.I. No. 42053, y otros que determine la Secretaría.

**Colorantes naturales para alimentos exentos de certificación
autorizados por la FDA**

<u>Colorante</u>	<u>Sección</u>
Extracto de achiote	73.30
Betabel deshidratado (polvo de betabel)	73.40
Azul ultramarino	73.50
Cantaxantina	73.75
Caramelo	73.85
Beta-apo- β -carotenol	73.90
Beta-caroteno	73.95
Extracto de cochinilla, carmín	73.100
Harina de semilla de algodón cocida, tostada y parcialmente desgrasada	73.140
Gluconato ferroso	73.160
Extracto de la uva	73.169
Extracto de la cáscara de la uva (enocianina)	73.170
Oxido de fierro sintético	73.200
Jugo de frutas	73.250
Jugo de vegetales	73.260
Aceite de zanahoria	73.300
Aceite de edospermo de maíz	73.315
Paprika	73.340

Oleoresina de paprika	73.345
Riboflavina	73.45
Azafrán	73.500
Dióxido de titanio	73.575
Cúrcuma	73.600
Oleoresina de cúrcuma	73.615

CAPITULO 2

LA GRANA COCHINILLA.

Definición

Existe cierta discrepancia sobre el término "grana" y "cochinilla". Algunos autores sugieren que el término "grana" derivó de grano y "cochinilla" de un crustáceo mexicano así llamado y al cual se asemeja la grana. Otros declaran que cochinilla deriva del latín coccinus. Los primeros escritores españoles a menudo combinaban los dos términos llamando al insecto: grana-cochinilla.

Por otra parte, el Diccionario de la Lengua Española Sopena dice: "La palabra grana deriva del latín grana, cuyo plural granum significa grano. Cochinilla igualmente deriva del latín coccinus que significa escarlata".

Además, cabe mencionar que desde antes de la llegada de los españoles, en México se le conocía a la grana con el nombre de Nocheztli, cuya raíz, noctli (tuna) y eztlí (sangre) quiere decir "sangre de tuna" en idioma náhuatl.

Y ya los españoles, en la época colonial, designaban grana o cochinilla, indistintamente tanto al insecto vivo, como al colorante llegando a tener tal arraigo que, todavía en la actualidad, prácticamente son sinónimos: grana, cochinilla y carmín.

Ahora, podemos empezar a conocer lo que es la grana cochinilla del nopal primeramente mediante su ubicación taxonómica que es la siguiente:

Clase : Insecta
 Orden : Homóptera
 Sub-orden : Sternorrhyncha
 Super Familia: Coccoidea
 Familia : Dactylopiidae
 Género : Dactylopius
 Especie : coccus

Además, el Género está integrado por cuatro especies que son: *Dactylopius coccus* Costa, *Dactylopius indicus* Green, *Dactylopius confusus* Cockerell y *Dactylopius tormentosus* La-marck. Aunque se considera que de estas especies la primera es la que destaca por su importancia económica, las cuatro especies mencionadas viven en las partes aéreas de las plantas hospederas pertenecientes a los Géneros *Opuntia* y *Nopalea* y producen colores similares con algunas diferencias espectrográficas. Desgraciadamente en algunas publicaciones de divulgación, todavía se sigue llamando al insecto: *Coccus cacti*, lo que origina frecuentes confusiones.

Es pues, la grana o cochinilla, el pequeño insecto que vive como parásito del nopal y que científicamente se reconoce por el nombre de *Dactylopius coccus* Costa.

Características principales

Si observamos con detenimiento el pequeño cuerpo de uno de estos insectos, podremos iniciar por darnos cuenta que posee un aspecto granular y semejante a una semilla de cebolla, por ser de forma más o menos oval, arrugada, convexa y con algunas estrías. Su color varía entre el gris y el negro cuando se ha eliminado la capa de cera blanca que lo cubre.

Además, desde la época prehispánica los campesinos distinguieron dos tipos de grana:

Grana negra: son los cuerpos de los insectos después de haber ovipositado; aproximadamente unos 130,000 insectos secos pesan un kilogramo.

Grana blanca o plateada: son los cuerpos de los insectos adultos sin haber llegado a ovipositar, de los cuales aproximadamente 80,000 pasan un kilogramo.

Además, pueden mencionarse entre sus características principales:

- Es un insecto parásito que vive en forma gregaria sobre las pencas de los nopales, alimentándose de su savia por medio de su aparato bucal picador-succionador.
- El ciclo de desarrollo de la cochinilla se realiza pasando los estados de huevo, ninfa I, ninfa II y adulto, durante un período aproximado de 120 días. (Sobre el ciclo biológico se hablará más adelante).

Es muy importante el dimorfismo sexual muy marcado que presenta el insecto; El macho, de forma esbelta, presenta un hermoso tinte carmíneo, de más intensidad sobre la cabeza y el tórax que sobre el abdomen. Sus delgadas patas son de color moreno, lo mismo que las antenas, ligeramente pubescentes, y compuestas de diez artejos; ostenta cuatro ojos compuestos y dos ocelos u ojos simples. Sus grandes alas anteriores, que durante el reposo cubren, sobrepasando el abdomen del insecto, y a las que se pueden agregar alas posteriores rudimentarias, son de un bonito color gris blanquecino, con la nervadura oifurcada coloreada de amarillo moreno. La extremidad posterior del abdomen lleva un tubérculo sobre el cual se inserta la armadura genital, formada de un estilete en gancho; de cada lado desembocan numerosos filamentos y se insertan dos largas sedas, cuyas dimensiones son a veces el doble de las del insecto. El macho mide, omitiendo las antenas y sedas caudales, dos milímetros de longitud; en el estado adulto carece de trompa y estiletes, y no toma alimento, siendo por consiguiente su vida efímera, la cual termina inmediatamente después de verificada la cópula. Su metamorfosis es completa. La larva tiene antenas compuestas de cinco artejos.

El cuerpo de la hembra, compuesto de una serie de anillos, es orbicular, de un color moreno rojo pronunciado; mide de seis a siete milímetros de longitud, cuatro de ancho y dos a tres de grueso. En ciertos casos su longitud puede alcanzar y aún pasar

de un centímetro; sus antenas filiformes, cortas y cónicas, están compuestas de siete artejos, sus patas son cortas; en la extremidad del abdomen tienen pequeños filamentos, carece de alas, y sus órganos bucales están conformados para recibir una alimentación líquida. Su metamorfosis es incompleta. La larva tiene antenas compuestas de seis artejos, se fija al nopal por medio de su rostrum, y verifica sus mudas en quince días, sin otra modificación que un engrosamiento progresivo.

La cochinilla en México: Su historia

Desde los tiempos más remotos de nuestra historia, la cochinilla fuè conocida en México, cultivándose mucho tiempo antes de la llegada de los españoles en varios puntos del país: Tlaxcala, Huejotzingo, Nochixtlán, Yucatán, etc. siendo, por consiguiente, inexacto que éstos enseñaran a los indios, como algunos pretenden, la industria de la grana; basta citar la carta fechada el 30 de octubre de 1520 que Hernán Cortés escribió a Carlos V donde le menciona: "Al calle de Arbolarios, donde al todas las Raíces i llerbas Medicinales que en la Tierra se hallan. Al casas como de Boticarios, donde se venden las medicinas hechas, así potables como unguentos i emplastos i colorantes de brillantes colores en donde destaca el color carmín que obtienen de animales pequeños".

En México, la cría de grana fuè iniciada desde la época de

los toltecas (siglo X), principiando con la recolección de grana fina en nopales silvestres para cultivarlas posteriormente. Este grupo se dispersó desde las montañas de Oaxaca hacia diferentes puntos del país, por lo que la cultura del INDUCO (nombre de la cochinilla en lengua mixteca), es considerada patrimonio de las distintas culturas que coexistieron en las regiones: Costa, Los Valles, Mixteca, y La Cañada del estado de Oaxaca; así como la región náhuatl del estado de Puebla y regiones adyacentes de Guerrero.

La grana fina fue conocida entre los antiguos mexicanos con los siguientes nombres:

- nochextli para los nahoas
- induco para los mixtecos
- bi-aa o bi-yaa para los zapotecos.

En lo referente al origen geográfico del insecto el autor Piña Luján menciona dos teorías: una apoya su origen en México, concretamente en la zona Mixteca del estado de Oaxaca, de donde supuestamente fué llevada en sus nopales hospederos al Perú durante el siglo XVIII. La segunda sustenta que fué en Perú donde se originó y que fué traída a México antes de la conquista.

El autor González Pacheco, basado en un amplio trabajo de investigación realizado en Perú en 1987 explica que el cultivo y uso de la cochinilla surgió en ambos centros culturales antes

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

de la llegada de los españoles, lo cual ha sido probado por medio de diversos análisis en textiles pertenecientes a las culturas preincaicas que datan de 1500 años a.C., sin lugar a dudas, más antiguas que las culturas mixteca y zapoteca de nuestro país, en donde, desafortunadamente no existen testimonios arqueológicos de esa época que muestren la utilización de la grana cochinilla.

Epoca Prehispánica

Las regiones y grupos relacionados con el cultivo del insecto en nuestro país comprendían: la Mixteca Alta, Zapoteca, Náhuatl y Mixteca de la Costa; la Zapoteca de Miahuatlán, la Zapoteca-Mixteca del Valle de Oaxaca, los Cuicatecos y Chinantecos en la Región de La Canada y también en Tuxtepec; la zona de Cholula y Huejotzingo en el estado de Puebla, y "Huaxtepec y Cuahnahuac" (Cuernavaca) en el estado de Morelos a donde es posible que haya sido llevado por la gente de Moctezuma al regreso de la guerra contra el rey de Tlaxiaco.

Los Toltecas y Teotihuacanos la emplearon en la pintura de esculturas, edificios públicos y religiosos, así como para colorear telas y elaborar panes ceremoniales.

El Códice Mendocino refiere que en 1521 los pueblos de Tlaxiaco, Coixtlahuaca y Cuilapam tributaban 65 talegas de

cochinilla a la Triple Alianza, además de ser comercializada localmente para abastecer a pintores y tintoreros.

Algunos autores señalan a Nochixtlán, en el estado de Oaxaca, como una localidad fuertemente productora de grana cochinilla y del colorante, sin embargo, en las investigaciones efectuadas, no se encontró el menor vestigio de este cultivo en todo el actual Distrito, y por lo tanto se presume que Nochixtlán sólo fué un centro de concentración y acopio de dicho producto, proveniente de otros lugares, ya que hasta la fecha este poblado sigue siendo un centro comercial importante en el que se expenden productos de toda la Mixteca.

Epoca Colonial

Los datos disponibles parecen indicar que en tiempos de la conquista, la cochinilla se cultivaba en un área relativamente corta que se extendía desde Guerrero y Tlaxcala hasta Oaxaca. Aunque su empleo y comercio abarcó un área mucho más grande.

A partir del siglo XVI se sistematizó e intensificó notablemente el cultivo del insecto extendiéndose hacia Tlaxcala, Puebla, Cholula, Huejotzingo, Tecamachalco, Michoacán, Jalisco (en donde la actividad se centró en Autlán), Yucatán, Chiapas, Guatemala y hasta Nicaragua.

La grana, por su gama de colores y su brillantez, llegó a constituir un símbolo de poder en Europa. Con su carmín fueron tenidas las capas de altos eclesiásticos, los ropajes de aris-

tócratas, las famosas casacas rojas de la armada británica, los uniformes del ejército de Napoleón, etc. Se usó para colorear lanas y sedas; como ingrediente de medicamentos, colorante de cosméticos, pasteles, bebidas, mantequillas, dulces así como pinturas para artistas.

La producción de grana-cochinilla en Oaxaca fortaleció a la Nueva España en su comercio exterior, ya que llegó a ser el tercer producto de explotación después del oro y la plata. El primer embarque enviado a España fué en 1526, el cual tuvo magnífica aceptación, propiciando que se intensificara su cultivo y su comercialización exterior. En 1572 el Virrey Martínez Enríquez designó un magistrado de la grana-cochinilla por la importancia del producto y su comercialización y tres años después calificó ante la Corona, su cultivo, como la actividad más importante de la Nueva España. Fué entonces, entre el período de 1550 a 1585 cuando se dió una etapa de prosperidad en las comunidades indígenas dedicadas al cultivo de la cochinilla, especialmente en Tlaxcala y Oaxaca.

Esta gran demanda de cochinilla propició que empezaran las adulteraciones del producto, mezclándolo con grana silvestre, ceniza, greda, harina y otras sustancias, por lo que en 1592 y 1593 se publicaron ocho ordenanzas del Virrey Don Luis de Velasco, destinadas a evitar dichos abusos en su comercio, promulgándose también leyes que castigaban a los infractores con multas, confiscaciones, suspensiones, destierros, penas corporales y a principios del siglo XVII la pena de muerte.

Se crearon los cargos de Jueces y Veedores de grana en Puebla y Oaxaca, mientras a Tlaxcala le correspondió un Teniente de Juez. Estos junto con el Escribano de Cabildo, estaban encargados de vigilar la bondad del artículo destinado a la explotación mediante un registro, del cobro de alcabala correspondiente.

Durante la Colonia, todos los trámites comerciales relacionados con la cochinilla en Oaxaca eran realizados en una calle denominada "Calle de la Cochinilla" (Hoy 1a. de 20 de Noviembre, entre Hidalgo y Trujano) en donde los intermediarios de este producto lo almacenaban para enviarlo posteriormente a Veracruz, y embarcarlo hacia España.

Debido a las anomalías en la comercialización de la grana, así como el maltrato a los indígenas y el abuso de los Alcaldes Mayores, hacia 1600 se iniciaron sublevaciones en Michoacán y Tlaxcala, donde los naturales despedazaron y quemaron las nopaleras por no ser esclavos de la codicia de los Alcaldes Mayores. En Oaxaca, a pesar de que ocurrieron problemas similares en poblados como: Tehuantepec, Ixtepeji (Sierra), Nejapa, Teutila, Teococuilco, Villa Alta y Huajuapam, el cultivo de la cochinilla se mantuvo en el Estado.

Siglo XVIII

En 1756 se creó en Oaxaca una oficina gubernamental de registro bajo la dirección de un Corregidor con el fin de controlar la calidad de la grana y registrar su venta a compradores ingleses dándose el mayor auge de la producción de grana oaxaqueña y los mejores precios entre 1760 y 1783.

A fines del siglo XVIII el 70% de las familias indígenas oaxaqueñas se dedicaban al cultivo de la grana.

Debido a las mercedes reales, en el estado de Oaxaca durante la época colonial sólo el 16% de la tierra quedó en manos de las comunidades indígenas, siendo en este pequeño porcentaje en donde se produjeron los grandes volúmenes de cochinilla.

Durante este siglo existieron haciendas con grandes extensiones cultivadas con nopales (de 50,000 a 60,000 plantas) y sin embargo, las grandes producciones de grana se daban en cultivos que poseían las familias indígenas en sus casas, por lo que esta actividad se convirtió en una actividad económica como cualquier otra y complementaria a la agricultura y se les permitía pagar con grana el tributo correspondiente a la Corona. Esta actividad se consideraba como trabajo propio de la familia, a diferencia de su trabajo en las haciendas. Las tierras de los españoles eran dedicadas a otro tipo de cultivos como cacao, café, azúcar, etc.

La cochinilla constituyó para los españoles criollos y peninsulares un medio de enriquecimiento, en tanto que para los indígenas fue un medio para pagar su tributo a la Corona, existiendo un gran desequilibrio en las ganancias obtenidas entre las familias indígenas y los Alcaldes Mayores. La familia indígena que más ganaba con la venta de producción de grana, obtenía el equivalente a una milésima parte de lo que recibía en ganancia el Alcalde Mayor del lugar.

Introducción del cultivo a otros países

Durante el siglo XVI, se denominaba "preciado fruto" o "semilla", indistintamente a la grana por parte de los españoles, logrando así que en Europa existiera una confusión ya que se pensaba que el producto era de origen vegetal. Este hecho fué fomentado por los españoles para así dificultar la identificación del colorante y conservar el monopolio.

Fueron también los mismos españoles quienes llevaron el cultivo de la grana de Chiapas a Suchitepec y Amatitlán en Guatemala, siendo el principal producto de exportación de éste último país entre los años de 1825 y 1870.

Por esta misma época la grana fué llevada a Honduras y a otras partes de Centroamérica, aparentemente sin éxito.

Otra zona importante de producción de grana es Perú, donde

hasta el año de 1830, se empezaron a dar las primeras exportaciones, ya que antes existía un gran monopolio por parte de la Nueva España.

En 1770 se hicieron cultivos experimentales en Río de Janeiro, Brasil, pero su éxito fué nulo.

Los españoles llevaron la grana cultivada a Cádiz y a las Islas Canarias entre los años de 1824 y 1827 constituyendo con el tiempo, una industria de mayúscula importancia (de éste último lugar se exportaron en 1869, 6,000 toneladas y en 1876, 7,000 toneladas), continuando su producción hasta la actualidad.

Por otro lado, los holandeses llevaron la grana de Cádiz a Java sin obtener buenos resultados, realizando además, intentos por implementar esta industria durante el siglo XVIII y principios del XIX en la India, Ceylán, Sudáfrica y Australia.

Varios países europeos intentaron romper el monopolio español y así a fines del siglo XVIII Francia mandó a Thiéry de Menonville para que clandestinamente estudiara y llevara el cultivo de la grana de Oaxaca a Santo Domingo, en Centroamérica. Por su parte, Inglaterra llevó nopales con grana silvestre a la India en 1795, probablemente de Brasil, por parte del Capitán Nielson. Los ingleses llamaron a la grana "cochineal", los franceses "cochenille" y los alemanes "koschenille".

Siglo XIX: Decadencia de la Cochinilla

Resulta importante enfatizar que hubo hechos que afectaron el mercado de la grana antes de la aparición de los colorantes sintéticos, tal es el caso que se presentó durante la primera mitad del siglo XIX, cuando, debido al aumento de oferta propiciado por Guatemala, Perú e Islas Canarias, que entraron al mercado mundial sumando su producción a la de México (que deja de ser el 1er. productor al concluir La Colonia), se produjo la disminución de los precios internacionales del producto.

Esta disminución de precios continuó desde 1858 a 1908 pero en esta ocasión debido a una reducción en la demanda mundial, llegando así a convertirse, durante las primeras décadas del mencionado siglo, en un producto incosteable para sus productores.

En 1845 se inicia en Alemania, y para 1850 hacen su aparición en el extranjero, a escala industrial, los tintes químicos derivados de anilinas (colorantes sintéticos), propiciando un desplazamiento de los colorantes naturales como la rubia en Europa, el índigo en la India y, por supuesto, el de la cochinilla.

No cabe duda de que al aparecer las anilinas y otros colorantes sintéticos más baratos como sustitutos de la grana,

fué ésta abandonada como materia prima de la industria textil principalmente, a pesar de los esfuerzos realizados por los grandes monopolios de la cochinilla para bajar los costos de producción, y pasó a ser utilizada en forma artesanal.

Es importante mencionar que el desplazamiento de la cochinilla por los colorantes sintéticos fué un proceso lento, debido a la calidad y firmeza del tejido obtenido con la cochinilla, que nunca fué superado por las anilinas, que a fin de cuentas, resultaron más baratas y de uso generalizado.

Esta consolidación de los rojos sintéticos limitó la demanda de grana exclusivamente al tejido artesanal, ya que las industrias textil, de cosméticos, farmacéutica y alimentaria también se vieron invadidas por dichos tintes. Ya para entonces, en la segunda mitad del presente siglo, el mercado de la cochinilla se redujo al consumo interno en los países productores. México hizo su última exportación en 1932.

Para Oaxaca, patria de la grana, el cultivo proporcionó a los pueblos más pobres, un medio con qué pagar sus tributos. Durante cuatro y medio siglos fué su industria principal, la cual le dió riqueza y fama. Esta misma entidad fué la más afectada con el decaimiento del mercado del colorante, ya que la economía de la región giraba en torno a la grana, y se pasó a una economía de subsistencia y autoconsumo, perdiendo su carácter comercial, sobreviviendo algunas industrias caseras.

Coccinocultura: La cría de la cochinilla

El cultivo de la cochinilla, propiamente llamado cría de la cochinilla es el proceso consistente en lograr el desarrollo del insecto en las plantas hospederas para la obtención de grana fina.

Cabe mencionar que desde tiempos inmemoriales, los campesinos oaxaqueños distinguieron dos clases de grana: la grana fina o cultivada o de Castilla, y la corriente o silvestre.

Es pues, la coccinocultura, el resultado de una interesante relación entre el binomio: insecto-nopal, que obviamente, está directamente relacionado con el medio ambiente.

Plantas hospederas

La grana o cochinilla vive en diferentes especies de nopales de los géneros Opuntia y Nopalea, principalmente.

Orden : Opuntiales
 Familia : Cactaceae
 Género : Opuntia
 Especie : ficcus indica (Nopal de Castilla)
 : tormentosa (Nopal de San Gabriel)
 : pilifera (Nopal San Cristóbal)
 : zarca
 : amiclaea (Nopal tunero).

Aunque se sabe que la grana cochinilla se desarrolla sobre el nopal es conveniente aclarar que no todas las especies pueden ser utilizadas para el cultivo del insecto debido a su naturaleza de alimentación y al mantenimiento que requiere el mismo.

En el estado de Oaxaca las especies utilizadas son: la Opuntia ficcus indica, siendo esta misma especie la que se utiliza en Ayacucho en Perú, la Opuntia tormentosa, especie nativa de Oaxaca, Opuntia pilifera, que es una especie con una distribución bastante amplia en la región mixteca.

Existen otras especies tales como Opuntia zarca y Opuntia amictiaca las cuales están dando buenos resultados en la explotación de la grana, así como también otro género diferente, el Nopalea cochiniifera, el cual se cree que fué el utilizado antes de La Colonia en México.

Es importante aclarar que el Opuntia ficcus indica es el más adecuado para la explotación de la grana tanto por su succulencia como por el fácil manejo en la infestación y cosecha del insecto ya que es la que menos espinas posee.

Entre los requerimientos ecológicos necesarios para el desarrollo de los nopales, resulta hasta cierto punto ventajoso que, dada su rusticidad, se desarrollan en suelos de diferentes orígenes, preferentemente los calcáreos de textura franca o

franco-arcillo-arenoso, que por lo general son suelos con buen drenaje y rápida permeabilidad evitando encharcamientos y con pH de 6 a 8.5. Esto no quiere decir que no sea necesaria la presencia de agua en el desarrollo del nopal, al contrario, como todas las plantas, el agua juega un papel muy importante en la vida y productividad de la planta; el nopal no es muy exigente en comparación con otros cultivos como el maíz o el frijol, por lo que se puede adaptar en zonas con precipitaciones escasas y aún en aquellas regiones donde las precipitaciones son elevadas: no obstante lo anterior, el rango de precipitación va de los 150 a 1,800 mm. anuales.

Además, para el buen establecimiento del nopal es importante considerar que las temperaturas en el lugar de plantación no sean inferiores a los 10 °C, pues ocasionan quemaduras en los brotes tiernos y pueden llegar a causar rupturas y daños a nivel celular.

Es importante mencionar que el nopal también requiere de cuidados para su óptimo desarrollo, los cuales consisten principalmente en aspectos agronómicos como pueden ser los requerimientos del suelo, los riegos (en caso de ser necesarios), fertilización, podas y cuidados generales que incluyen el control de plagas y malezas y enfermedades del nopal.

En lo que se refiere al aspecto técnico del cultivo del nopal, es importante mencionar que, para establecer el huerto donde se sembrarán los nopales, además de contar con un terreno que presente las características anteriormente mencionadas, es de suma importancia la selección del material vegetativo (raquetas o cladodios de nopal) para lograr el establecimiento de un buen huerto.

La siembra del nopal se hace enterrando la raqueta del nopal hasta la mitad de su eje más largo, formando surcos que presentarán una separación aproximada de 160 a 200 cm entre uno y otro para facilitar el paso, y una separación entre raqueta y raqueta de 50 a 100 cm. Esta forma de sembrar el nopal da como resultado una planta completa por raqueta sembrada, conservando dicha planta su estabilidad genética. Sin embargo, para lograr lo anterior, como ya se mencionó, es importante contar con el material vegetativo óptimo, es decir, que presente las características siguientes:

- Los cladodios o raquetas deberán tener buen grosor y succulencia.
- Edad de entre 6 meses a un año.
- No presentar malformaciones físicas.
- Libre de plagas y enfermedades.
- El corte de las raquetas debe presentarse entre los puntos de unión de una y otra para evitar pudriciones posteriores.

El manejo del material al trasplantarse deberá hacerse con mucho cuidado para evitar daños físicos que puedan provocar pudriciones.

Finalmente, el material colectado deberá pasar por una fase de cicatrización en un lugar sombreado durante un período de 10 a 15 días, favoreciendo con ello la brotación posterior del material. Con ello, las raquetas quedan listas para su siembra, en la forma en que ya se mencionó no debiéndose regar cuando están recién plantadas.

Ya realizada la siembra del nopal, se espera su crecimiento para poder llevar a cabo la infestación de sus raquetas con la cochinilla. El nopal más joven es más jugoso y por lo tanto más apropiado para la alimentación de la grana, por ello se recomienda la infestación del nopal a una edad que depende del clima, suelo y especie de nopal variando desde un año y medio en zonas calurosas hasta 2 y medio años en zonas frías.

Para poder comprender el proceso de la cría de la cochinilla, es necesario establecer las características que se presentan durante el ciclo biológico del insecto, ya que durante su desarrollo, el insecto pasa por diferentes estados tanto las hembras como los machos.

Ciclo biológico de la cochinilla

El ciclo de vida de la hembra comprende 3 estadios a diferencia del macho que pasa por 5.

Durante los estadios de huevecillo, Ninfa 1 y principio de Ninfa 2, la hembra y el macho son similares, a partir de esta fase se presentan grandes diferencias: en el caso del macho, la ninfa 2 forma un capullo o cocón en cuyo interior se transforma pasando por los estadios de prepupa o protopupa y pupa, emergiendo como macho adulto; las hembras, en cambio, mudan para convertirse en hembras maduras.

Huevo

La oviposición es lenta y después se hace continua con lo que los hevecillos se van uniendo y forman una cadena. A los 10 o 20 minutos los huevecillos se abren y se presenta entonces el movimiento de la ninfa a través de la membrana exterior que la envuelve con lo que se rasga y permanece algunos minutos sobre la madre o muy cerca de ella como una masa cerosa blanca.

El huevo en sí presenta una forma ovalada, con un color rojo claro y medidas aproximadas de 0.72 X 0.33 mm.

Ninfa 1

Comprende 2 fases: Ninfa migrante y establecida que corresponden a la migración y fijación en el nopal.

respectivamente. Después de pasar el estadio de huevo, durante las siguientes horas las ninfas se desplazan activamente por toda la penca del nopal (ninfas migrantes) para localizar el sitio donde han de fijarse (ninfas establecidas). El período de migración puede durar de 2 a 3 días y el de fijamiento se produce cuando la ninfa introduce su aparato picador-succionador en la epidermis del nopal para alimentarse. En total, el estadio de Ninfa 1 puede durar de 3 a 4 semanas y el insecto permanece cubierto por la cera blanca pulverulenta que adquirió en el estado de huevo.

Ninfa 2. Macho

La ninfa produce abundante cera filamentososa que forma un capullo o cocón en cuyo interior muda dando lugar a los siguientes estados de prepupa, donde se distinguen cabeza, tórax, abdomen y antenas, y el estado de pupa de la cual emerge el adulto. Este estadio dura de 18 a 22 días aproximadamente.

Macho adulto

Se presentan claramente las alas, genitales y antenas bien desarrolladas. Su vida como adulto es corta, de 3 a 4 días o hasta 5, realizando vuelos cortos apareándose con varias hembras.

Ninfa 2. Hembra

Este período dura de 13 a 18 días, a veces hasta 25. La

ninfa permanece fija al nopal y a veces puede ocurrir un cambio de lugar, con lo que el desarrollo se ve afectado pues las piezas bucales sólo pueden introducirse parcialmente. Aumentan de talla y al finalizar esta fase del ciclo ocurre la segunda muda, emergiendo la adulta.

Hembra adulta

A las pocas horas de emergidas, además del polvo ceroso que las cubre, secretan un líquido viscoso amarillento, aumentan de talla y alcanza su madurez a los 37-48 días. También aumentan su volumen debido a la cópula, que se efectúa a los 3 o 4 días después de haber mudado. Después de un período de 30 a 68 días (período de preoviposición), se inicia la oviposición como tal, durando de 28 a 50 días. Después, el insecto muere.

La duración del ciclo de las hembras desde la fase de huevo hasta el inicio de oviposición es de 68 a 106 días, viviendo más tiempo una hembra apareada que una que no lo está. Las hembras apareadas pueden llegar a vivir hasta 180 días.

Cría y cosecha de la cochinilla

Desde la época prehispánica los indígenas tuvieron un amplio conocimiento de sus recursos de suelos, plantas y animales; así como de la importancia de las condiciones ambientales en sus actividades agrícolas y fué entonces cuando se implementaron técnicas apropiadas para el manejo del nopal en base a la finalidad del cultivo.

En lo que respecta a la cría de la cochinilla, las fases del proceso no han cambiado casi en nada, y en la actualidad se presentan 4 etapas: Selección, infestación, muerte y secado de la cochinilla.

Selección

Las cochinillas que son escogidas para reproductoras no deben ser muy jóvenes; éstas alcanzan la madurez de 75 a 90 días en el verano y de 100 a 120 en invierno; cuando muestran unos filamentos, al principio blancos y después de color violeta u opaco, o bien, cuando presentan una hinchazón en la parte inferoposterior del cuerpo acompañada de una secreción en forma de gotita que va cambiando de color transparente a pardo-rojizo al término de su desarrollo.

Infestación

Antes de realizar la infestación se recomienda limpiar los nopales de telarañas y restos de cera de cultivos anteriores

para facilitar el establecimiento de las crías, la succión de la savia y la respiración de la planta. Cuando se han seleccionado las cochinillas para pié de cría, se bajan del nopal y se colocan en nidos hechos de palma o cualquier otro material que facilite la salida de las crías. Este nido se tapa y se fija a la penca del nopal, y después de que las hembras han depositado sus huevecillos, las crías se diseminan en las pencas y entonces es necesario cubrir los nopales para evitar que el viento se lleve a las crías hasta que se han fijado en la penca. Los nidos pueden colocarse en las pencas a cualquier hora del día, recomendándose al medio día ya que el calor del sol induce a la hembra para la ovoposición y facilita el movimiento de las crías.

La práctica ha demostrado que el mayor rendimiento se obtiene al emplear de 150 a 200 hembras por nido y 1 nido para un nopal de 10 raquetas. Los excesivos niveles de infestación perjudican la producción de nuevos brotes.

La cosecha de la cochinilla es la etapa más laboriosa del proceso de selección anteriormente mencionado, pues requiere tiempo y atención de los productores para separar las cochinillas que se usarán para pié de cría de las que se emplearán para obtener el colorante. Se realiza raspando cuidadosamente entre la epidermis del nopal y las cochinillas, para lo que se usan cucharas, cuchillos, carrizo, cola de

venado, etc., recolectando las cochinillas en vasijas poco profundas y de boca ancha para evitar que se sofoquen o apachurren entre ellas. Es importante recoger la mayor cantidad de insectos sin reventarlos ni dañar la superficie de la penca.

Muerte y secado

Es indispensable dar muerte rápida a la cochinilla, el mismo día de la cosecha o por la tarde del día siguiente para evitar que las hembras ovipositen perdiendo peso y colorante.

Entre los métodos que existen para matar la grana, están los siguientes:

- Exponer directamente a los rayos solares durante 5 a 6 días.
- Inmersión en agua hirviendo durante 1.5 a 2.5 minutos.
- Sofocación con vapor de agua en una especie de baño María.
- Secar con keroseno durante 4 días (no recomendable por disminuir la calidad y valor del producto).

Entre las formas de secado están:

- Secado al sol sobre una lona durante 6 a 8 días se obtiene de un 26 a un 29% de humedad final.
- Secado a la sombra que se lleva de 18 a 20 días como mínimo y se obtiene el mismo rango de humedad final, pero la grana da un mayor rendimiento de colorante.
- Secado en secadores con aire caliente por espacio de 2 a 4 horas obteniendo de 9 a 11% de humedad final.

La cochinilla fresca, dependiendo del método que se emplee para matarla, presenta de un 70 a 75% de humedad.

Es necesario mencionar que durante el tiempo que la cochinilla permanezca en el nopal, durante su recolección y durante su muerte y secado (si es el caso de secado al sol o a la sombra), se requiere de una revisión constante, pues existen enemigos naturales que la atacan como son las hormigas, gusanos, aves, etc.

CAPITULO 3

LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS DE LA GRANA COCHINILLA

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, la grana cochinilla constituyó durante la época de la Colonia, una industria muy importante para nuestro país, ya que proporcionaba la materia prima para la obtención del colorante rojo natural que tuvo gran demanda en ese tiempo y que en la actualidad vuelve a resurgir con buenas perspectivas a nivel mundial.

Fueron nuestros antepasados los que se dieron cuenta de que la cosecha de la cochinilla debía realizarse en el momento en que se advirtiera el inicio del desove, esto para separar las que servirían para pié de cría de las que se utilizarían para obtener el colorante (Las características físicas que presenta la cochinilla durante el período que corresponde al inicio del desove fueron mencionadas en el capítulo anterior).

Además, las cochinillas hembras que se encontraban en el período correspondiente a antes de la oviposición poseían mayor peso y más materia colorante.

En la actualidad, de manera similar, los insectos hembras se colectan durante su madurez sexual (justo antes de la oviposición como ya se mencionó), ya que es el momento preciso cuando la concentración del colorante es más alta; esto ha sido comprobado mediante disección y exámenes a nivel microscópico de

los especímenes frescos, aunque también se han detectado concentraciones altas de pigmento pasando éste período, lo que hace suponer que la biosíntesis del principio colorante continúa durante el desarrollo biológico del insecto, siendo dicho proceso biosintético en la cochinilla aún incierto.

Los Productos Comerciales de la Grana Cochinilla

La cochinilla como materia prima para la obtención del colorante es un bien de consumo común en las industrias de cosméticos, de alimentos, farmacéutica y en menor grado en la industria textil. Su industrialización requiere de sales de aluminio, de calcio y solventes orgánicos, todos ellos producidos en México.

La grana cochinilla puede ser comercializada e industrializada con cierta facilidad, ya que se puede encontrar en sus cuatro "formas" comerciales que son:

- a) Cochinilla seca
- b) Extracto de cochinilla
- c) Carmin de cochinilla
- d) Acido carmínico

Es importante mencionar que para cada producto existen ciertas especificaciones, ya que aunque tienen el mismo "origen", sus características y aplicaciones son muy variadas.

Veamos ahora cada uno de los productos comerciales anteriormente mencionados:

Cochinilla Seca

Es el producto formado por los cuerpos secos de las hembras adultas. es de aspecto granular, con una coloración que varía entre el gris y el negro, color que adquiere cuando se elimina la capa de cera blanquecina que los cubre. La cochinilla, que es la materia prima para la obtención de los otros productos mencionados, presenta como constituyentes químicos:

10% de ácido carmínico (principio colorante)

40% de materia protéica

10% de grasas (principalmente triglicéridos)

2% de ceras

2% de cenizas

Los productores de grana generalmente venden el insecto como tal, seco, sin cera y limpio. Este producto se muele hasta obtener un polvo fino del cual se elabora el extracto de cochinilla, el carmín y el ácido carmínico.

En el comercio mundial, se manejan dos grados de calidad para la cochinilla seca (en México no se emplean aún estos grados de calidad ya que el consumo se limita a nivel artesanal principalmente). Dichas calidades del producto se basan en los siguientes requisitos:

Requisitos	Cochinilla	
	1a. Calidad	2a. Calidad
Humedad (máxima)	11%	11%
Cenizas (máxima)	5%	12%
Acido carmínico (mínimo)	20%	15%
Impurezas (máxima)	5%	8%

Es muy importante el mencionar que este producto (la cochinilla seca) debe en gran parte su calidad a la forma que se emplee para darle muerte y secarlo (métodos ya mencionados anteriormente). Por ejemplo podemos decir que si la cochinilla recién cosechada o "bajada" del nopal no es muerta el mismo día o a más tardar el siguiente, puede empezar a ovipositar y así perder peso y colorante; si a lo anterior aunamos un método de matado como lo es la sofocación en un Baño María, o inmersión directa en agua caliente (aproximadamente durante 1.5 a 2.5 minutos) método que deja el producto con bastante humedad inicial, y para secarlo se emplea el secado a la sombra, nos daremos cuenta al final de este proceso que el producto estuvo sujeto a variaciones tanto de temperatura como de humedad durante todo el tiempo que tardó desde que se le dió muerte hasta que quedó como grana seca y por consiguiente la cochinilla obtenida resulta de baja calidad como para ser comercializable.

Por otro lado, para la comercialización de la grana seca se emplean varios tipos de empaques, desde latas, depósitos y bolsas de plástico hasta costales y sacos, cada uno dependiendo de la cantidad que se maneja (por lo general se emplean sacos cuando se manejan pesos aproximados de 50 kg de grana en adelante).

En base a la experiencia de comerciantes de grana seca se recomienda el uso de sacos o costales de yute, ya que este material ofrece mayor protección del contenido. Es importante hacer incapié en que el manejo de este producto es un tanto delicado, y debe tenerse cuidado en la manipulación, seguridad y maltrato del mismo, evitando ser transportado o almacenado en lugares húmedos o que sea colocado bajo otro tipo de carga más pesada que pueda comprimirlo, etc.

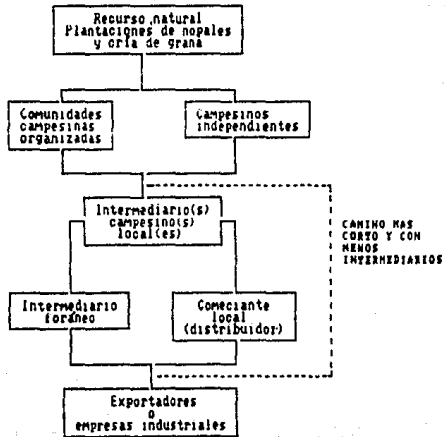
No es recomendable el uso de las bolsas o empaques de plástico porque al segundo día de permanecer en este tipo de materiales, la cochinilla forma grumos y empieza a descomponerse, perdiéndose calidad en el producto. Para el transporte de cantidades menores de grana (del campo o de un almacén a compradores regionales y para el que no se necesita un viaje largo) se pueden emplear bolsas de tela o papel indistintamente.

La cochinilla seca, una vez empacada, puede seguir varios canales de distribución, que comienzan con los productores en

el campo, pasando por intermediarios hasta llegar a los comerciantes y/o empresas que lo utilizan para la obtención de los derivados o que lo exportan. (Este proceso no es aún completo en México, y rara vez llega a un comerciante o empresa).

En la siguiente página se muestra un típico canal de distribución del producto; observamos que no tiene ninguna característica fuera de lo normal a excepción de que, como es sabido de todos, entre más corto sea el camino es mejor, es decir, entre menos intermediarios existan, se encarecerá menos el producto.

Esquema del Canal de Distribución Típico de la Grana Seca



Extracto de Cochinilla

El extracto de cochinilla es una solución concentrada que se obtiene después de eliminar el alcohol de un extracto acuoso-alcohólico. Este extracto de cochinilla tiene un contenido de sólidos totales de aproximadamente un 6% y es característicamente ácido (pH de 5 a 5.3). Además es insoluble en solventes como el agua, glicerina y propilenglicol, pero puede dispersarse en agua.

Presenta buena estabilidad a la luz y a la oxidación, y frecuentemente contiene benzoato de sodio como conservador.

El extracto de cochinilla posee una coloración que varía del anaranjado al rojo, dependiendo del pH, y sus niveles de uso están permitidos en un rango de 25 a 1000 ppm. Además, según la FDA, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Contenido de ácido carmínico no menos de 1.8%
- Sólidos totales no menos de 5.7 y no más de 6.3%
- Proteína no más de 2.2%
- Metanol no más de 150 ppm
- Plomo no más de 10 ppm
- Arsénico no más de 1 ppm.

El extracto de cochinilla que se utiliza para teñidos artesanales es obtenido mediante un proceso simple conocido

por la mayoría de los artesanos, con sus pequeñas variantes que dependen de la experiencia de cada teñidor, pero obteniendo iguales resultados en tonalidad, fijación y buena calidad en el producto final, ya que como se mencionó anteriormente, este colorante natural posee excelentes propiedades tintóreas.

El proceso "casero" o artesanal es muy sencillo:

- La grana seca se muele en metate.
- Se disuelve en agua con sal y limón.
- Se agrega un mordente.
- Se pone a hervir para introducir posteriormente en la solución la prenda a teñir.

Cabe mencionar que tanto las cantidades de sal, limón, y el mordente a emplear, son los "toques" personales que cada artesano imprime a sus prendas.

Por otro lado, resulta interesante la forma un tanto empírica que utilizan los artesanos teñidores para determinar si la grana en polvo que han adquirido para realizar sus teñidos ha sido adulterada. Todo artesano que se precie de usar en sus trabajos grana fina y no imitaciones o adulteraciones sabe que los pasos a seguir son:

"...Disolviendo en 36 gramos de una solución débil de potasa un gramo de cochinilla seca en polvo, se agrega después agua en cantidad de 24 gramos, añadiendo a esta solución otra compuesta

de un litro de agua y cinco gramos de cianuro rojo; esta última solución deberá vertirse gota a gota en la primera hasta que un color amarillo pardusco haya sustituido al color encarnado. Entonces se agrega agua de cal en una decocción diluida de la solución resultante del proceso mencionado, y si ésta, que poseía un color amarillo pardusco, se termina por decolorar por completo, no existirá adulteración alguna; pero si de manera contraria, la solución toma un fuerte tinte violeta, no deberá quedar duda alguna de que la cochinilla ha sido adulterada..."

Carmín de Cochinilla

Se le denomina carmín de cochinilla a la laca ya sea de aluminio, calcio-aluminio, o bien, un sustrato de hidróxido de aluminio del ácido carmínico. La laca, que contiene ácido carmínico, se obtiene por la formación de un complejo entre el ácido carmínico y el aluminio. Según la FDA deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Contenido de ácido carmínico no menos de 50%
- Materia volátil (a 135 °C durante 3 hr.) no más de 20%
- Cenizas no más de 12%
- Plomo no más de 10 ppm
- Arsénico no más de 1 ppm

El carmín se dió a conocer comercialmente desde 1818, año en que fué descubierto por los químicos Pelletier y Carventon.

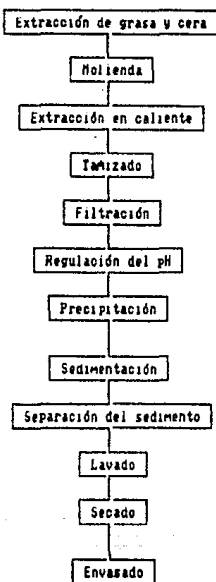
Es importante mencionar que la metodología para la síntesis del complejo se ha descrito y publicado en raras ocasiones, y nunca detalladamente, sólo los procesos principales, debido a que las reacciones en que se fundamenta y los detalles técnicos del proceso se consideran "secretos" que cada industria guarda cuidadosamente.

Tal es el caso del procedimiento mencionado por el autor González Pacheco para la obtención del carmín de cochinilla, que comprende 12 pasos y que se muestra en la siguiente página:

El carmín procesado adquiere diferentes colores dependiendo de la sal metálica utilizada:

Sal metálica	Color obtenido
Aluminio	Escarlata
Alumbre	Carmesí
Bario	Violeta mate
Cromo	Púrpura
Fierro	Rojo grisáceo
Magnesio	Rosado
Plomo	Rojo pardusco
Mercurio	Escarlata
Uranio	Verde
Zinc	Carmesí
Sodio	Rojo

Diagrama que muestra los pasos generales para la obtención de carmín(*)



(*) González Pacheco, C.

Perú y la cochinilla y modelo productivo de la grana para Oaxaca. En: La grana y el carmín
Inédito.

Como se ha mencionado con anterioridad, el carmín es un color natural que paulatinamente perdió popularidad con la aparición de los colorantes sintéticos, pero sin embargo, ahora se le considera como el único sustituto natural del rojo #3 de FD&C cuyo uso es cuestionado por sus reacciones toxicológicas.

Por otro lado, algunos investigadores han estado trabajando para encontrar un sustituto del rojo #3, pero los resultados no son los esperados ya que los colores obtenidos no presentan el mismo tono ni las mismas ventajas de estabilidad térmica, disponibilidad y costo del rojo #3. Y aunque se menciona que el descubrimiento de otro colorante sintético con las características deseadas puede darse a mediano plazo, la utilización de los derivados de la grana cochinilla como colorantes naturales seguirán teniendo un amplio mercado si se llega a los niveles óptimos en los volúmenes de producción y se logra una reducción en la cadena de su comercialización con la consiguiente reducción de precios.

Cierto es que en la actualidad el carmín se encuentra poco disponible y por lo tanto a un elevado costo, pero esto se contrarresta con sus excelentes propiedades de estabilidad al calor, además de que los tonos del carmín, como ya se mostró anteriormente, poseen una amplia gama que va desde el rojo claro brillante hasta el violeta y en ocasiones se logran tonos tan oscuros que se acercan al negro, logrando con esto ser el

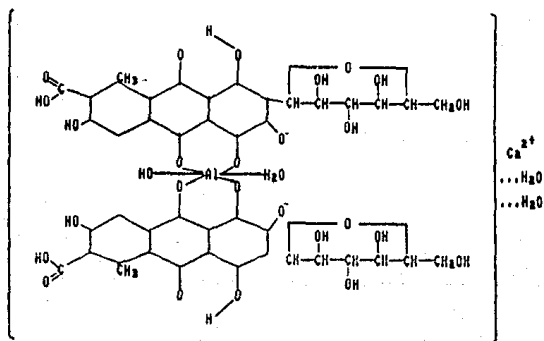
sustituto indicado del rojo #3, que es rojo-rosado con leves tonos azulados brillantes, pero que ha resultado con propiedades cancerígenas.

El carmín como colorante es soluble en un amplio rango de pH y en mezclas acuosas de etanol, además, se han logrado producir a partir de él, como ya se mencionó, colores que cubren un amplio rango de matices en el espectro de los rojos, que son los preferidos para colorear alimentos y bebidas.

El carmín de cochinilla es conocido en el mundo con las siguientes denominaciones:

- Rojo natural núm. 4
- Lebensmittel rot 2
- Carmín nacarado o carmín 40
- También se define con el número de referencia E-120
- No. 1239 del Color Index Primera Edición, 1924
- No. 75470 del Color Index Segunda Edición, 1956
- No. 1381 de las Tablas de Schultz, Séptima Edición, 1921
- No. 107 DFG, Edición de 1957.

Estructura química del carmín



Acido Carmínico

El ácido carmínico es el principio colorante de los productos anteriores (extracto de cochinilla y carmín de cochinilla).

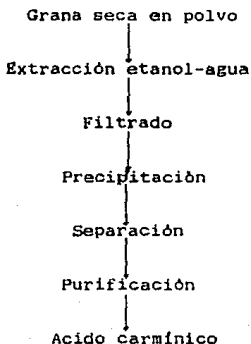
Además, presenta las siguientes características:

- Se presenta como una masa oscura parda purpúrea.
- También como un polvo rojo pardo o rojo ladrillo oscuro y en ocasiones el rojo no es tan oscuro llegando a un leve tono brillante.
- Es ligeramente soluble en agua (80 g/l proporcionan una solución rojo-anaranjada).
- También es soluble en alcohol, éster, ácido sulfúrico concentrado y en soluciones alcalinas.
- Es insoluble en éter de petróleo, benceno y cloroformo.
- Se descompone a 135 C, donde encuentra su punto de fusión.
- A pH de 4.8 se presenta como rojo-amarillo y a pH de 6.2 como violeta.

La extracción del ácido carmínico puro del cuerpo de la cochinilla es un proceso difícil, que se ha llevado de forma casi exclusiva a nivel laboratorio pero que se puede realizar mediante la formación de un complejo insoluble con el plomo, por tratamiento con una solución acuosa de enzimas proteolíticas

en presencia de un surfactante adecuado a través de cromatografía de intercambio iónico.

Sin embargo se puede obtener también ácido carmínico a partir de la grana seca en polvo mediante el procedimiento siguiente:



El ácido carmínico que se obtiene por estos "métodos" que presentan características industriales, y que no se llevan a cabo con la rigurosidad que se tiene en un laboratorio, no es 100% puro, presenta impurezas que no permiten su empleo en las aplicaciones que tiene el ácido carmínico puro o que de emplearse, da resultados no muy satisfactorios debido al tipo de usos que presenta (los cuales se verán más adelante), y es por ello que en ocasiones resulta poco costeable la producción

del ácido carmínico puro ya que su demanda es reducida en comparación con la enorme demanda del carmín de cochinilla, que tiene un mayor rango de aplicaciones sobre todo a nivel comercial.

El ácido carmínico contiene en su molécula una unidad de glucosa, la cual, unida al ácido, le transfiere una resistencia a la hidrólisis ácida, además de ser de particular significación en la "habilidad" que presenta el ácido para formar complejos con una variedad de metales; esta habilidad provoca un desplazamiento de la máxima absorción en el espectro visible hacia una longitud de onda más alta, percibiéndose como un aumento en la intensidad del color. Los colores más atractivos se producen con el estaño y con el aluminio, como ya se mencionó con anterioridad.

Por otro lado, el ácido carmínico en solución a pH menor que 7 posee un color rojo intenso, y a un pH de 4, llega a un color paja pálido, dependiendo de la concentración. En forma pura es fácilmente dializable.

Anteriormente ya se mencionó que tanto el extracto como el carmín de cochinilla deben cumplir con requerimientos que la FDA exige, y además, deben ser pasteurizados ya que pueden presentar microorganismos patógenos como la Salmonella; sin embargo, a excepción de dichos requerimientos, ambos productos -

(extracto y carmín) no presentan ningún riesgo en el consumo humano ya sea en su uso externo o en su ingestión, y es por ello que su empleo en productos como cosméticos y alimentos es completamente inocuo.

Por su parte, el ácido carmínico es analizado en su porcentaje de pureza, siendo este criterio el que brinda mayor confiabilidad en los resultados obtenidos de las muestras analizadas. Para ello se realiza la determinación de ácido carmínico mediante la marcha siguiente:

- 1.-Se hierven 100 mg de muestra pulverizada con 30 ml de ácido clorhídrico 2 normal durante 10 minutos.
- 2.-Se agregan 100 ml de agua y se continúa la ebullición hasta que se observe una completa "disolución" del color.
- 3.-Se deja enfriar la solución y se diluye y afora con agua en un matraz aforado de 1 litro.
- 4.-Se filtra, se toma una alícuota de esta solución y se mide su absorbancia a 492 nm en una celda de 1 cm con un blanco de agua.

Entonces, el porcentaje de ácido carmínico se calcula fácilmente con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acido Carmínico} = A / 1.39 * 100$$

En donde sabemos que:

A = absorbancia de la muestra

1.39 = absorbancia registrada con 100 mg de ácido carmínico puro.

Estructura química del ácido carmínico

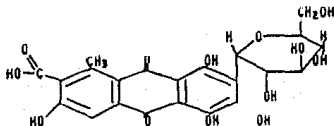
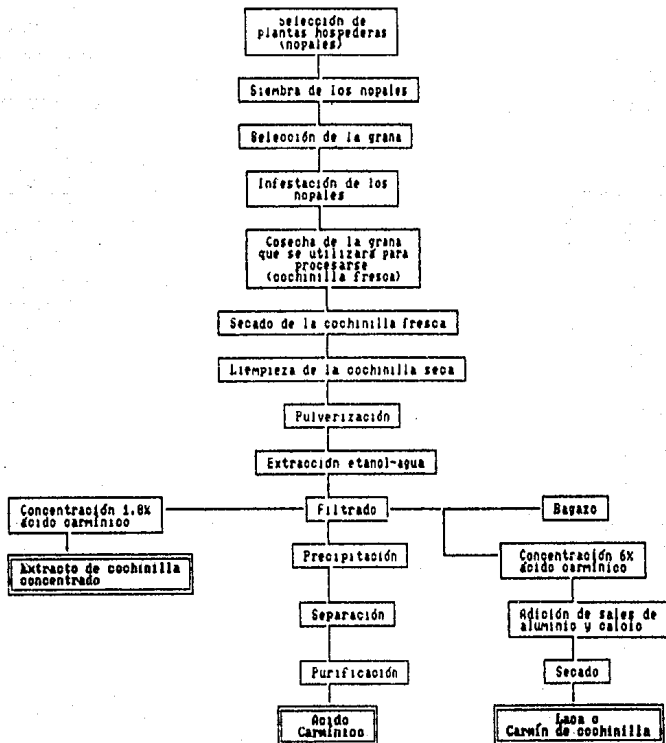


DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE LOS
DERIVADOS DE LA GRANA COCHINILLA



Aplicaciones de los derivados de la cochinilla

La grana cochinilla es, como ya se ha dicho, la materia prima de la que se obtiene el Extracto de Cochinilla, el Carmín de Cochinilla y el Acido Carmínico.

Es por ello que la grana es solicitada actualmente en la industria de alimentos para la preparación de sazoadores, confituras, bizcochos, galletas, bebidas, helados, jamones, salchichas, carnes, yoghurt, etc. En la industria de cosméticos se le requiere para la elaboración de lápices labiales, polvos y otros productos, así como en la preparación de pastas dentrificas.

Por otro lado, se le emplea en menor grado en la industria textil para teñido y también en investigación como indicador químico; además, otras de sus tantas aplicaciones son la preparación de pinturas a la acuarela y en forma combinada en cintas para máquinas de escribir, impresoras, etc.

Sin embargo, cada derivado en particular tiene un campo de aplicación casi específico y en el que presenta una utilización óptima, es decir, que debido a sus características es el indicado para tal o cual aplicación en particular, lo cual se muestra en el siguiente cuadro:

Extracto de Cochinilla

- Bebidas
- Productos cárnicos
- Especias
- Confitería
- Teñidos textiles

Carmín de Cochinilla

- Sidra
- Vermouth
- Confituras, jaleas, mermelada
- Frutas en almíbar
- Golosinas
- Vinagres
- Productos de salchichonería
- Yoghurt

Acido Carmínico

- Colorante nuclear para cromosomas en frotis no fijados
- Acomplejante de cationes
- En fotografía a color
- Produce doble coloración en secciones, particularmente en tejidos nerviosos
- Indicador químico de reacciones ácido-base y de óxidorreducción.

De manera general, se utiliza el extracto de cochinilla y el carmín para colorear alimentos, medicamentos y en forma poco comercial en teñido de textiles, siendo estos derivados los que mayor importancia tienen en el mercado. El ácido carmínico tiene usos más específicos y es aquí donde podemos darnos cuenta de que cada producto tiene un campo de aplicación óptimo. ya que por ejemplo, resultaría ilógico utilizar ácido carmínico puro para teñir telas o querer emplear extracto de cochinilla en tinciones bacteriológicas e histológicas.

Podemos así darnos cuenta del campo de aplicación que tiene la grana cochinilla y sus derivados, y de la importancia que puede tener en la vida diaria de todos nosotros; es por ello que deberíamos prestar un poco más de atención a tan olvidado producto que tantos beneficios nos brinda.

CAPITULO 4

EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACION

Importancia

Industria se define como todo un conjunto de operaciones materiales en las que el hombre hace uso de artificios, mañas y destrezas ya sea para obtener, transformar o transportar uno o varios productos.

Sin embargo, esta definición se pierde en la historia si consideramos que el primer hombre que estrelló una piedra para utilizarla como cuchillo tuvo actividad industrial, y entonces, la historia de la industria como tal está conformada por la larga y paciente elaboración de todas las herramientas y técnicas que han conformado la vida del hombre a través de las etapas de todo su progreso material.

En el sentido estricto de la palabra, se habla de industria desde el momento en el que un conjunto de circunstancias como pueden ser la existencia de materias primas y la invención de técnicas eficaces, permite a un núcleo económico producir uno o más bienes en cantidades tales que se logre la óptima satisfacción del consumidor.

Es por lo anterior que la industria moderna ha transformado

la estructura de muchos países al concentrar la producción en los lugares más adecuados, al provocar grandes establecimientos humanos en centros urbanos próximos a las fábricas, al permitir rápidas comunicaciones y un intercambio nutrido de mercancías entre países agrícolas e industriales. Se puede afirmar que a la industria se debe el nivel de vida en ascenso continuo de los grupos humanos, y es por ello que debemos tener muy claro en la mente que todos los conocimientos y técnicas descubiertos y por descubrir deben ser siempre utilizados para el beneficio de la humanidad.

De manera específica, este trabajo no pretende lograr un nivel de industrialización semejante al que se ha logrado desarrollar en otros sectores como lo es la industria del plástico, madera, textiles o incluso la industria de los colorantes como tal. sino que busca una alternativa viable para el aprovechamiento de un recurso que es empleado escasamente en nuestro país y que debido a sus características presenta posibilidades de industrialización y mejor aprovechamiento.

El Proceso y la Ingeniería Química

Todo Ingeniero Químico sabe que su carrera es una rama de la Ingeniería que se encarga de estudiar las transformaciones físicas y químicas a que se someten las materias primas para la obtención de productos y servicios útiles al hombre, y que para

ello estudia también la forma en que se pueden elaborar dichas transformaciones mediante un proceso que sea eficiente, así como el diseño y la especificación de los equipos y aparatos con los cuales pueden llevarse a cabo esas transformaciones, y la mejor manera de manejarlos y controlarlos.

Con fundamento en lo anterior y como se mostrará más adelante, la obtención de los derivados de la grana cochinilla, que es el tema principal que mueve este trabajo, es un proceso que compete de manera directa a la Ingeniería Química y por ello es necesario establecer los siguiente puntos:

Definición del problema

El problema principal que se presenta es la forma de obtener los derivados de la grana cochinilla. Posteriormente, a través del proceso surgirán problemas secundarios, que a su vez, tendrán que ser resueltos.

Determinación de objetivos

El objetivo es la propuesta de un sistema mediante el cual se logre el mejor aprovechamiento de la materia prima, que en este caso es un insecto, dándole un carácter industrial a dicho sistema, y que a la vez esté fundamentado en procesos y operaciones unitarias, adquiriendo así la característica de planta química.

Consideración de limitantes.

Este punto es de suma importancia, ya que nos indica hasta dónde se puede alcanzar un determinado objetivo. En nuestro caso, la principal limitante la encontramos al darnos cuenta de que, como es sabido, un proceso con características industriales difiere mucho de uno a nivel laboratorio, sobre todo en los resultados obtenidos, caso concreto que corresponde al ácido carmínico purificado, producto para el que se han realizado experimentos de obtención de forma exclusiva en laboratorios, no tanto así para el extracto y carmín de cochinilla, que presentan ciertas ventajas con respecto al primero.

Características del proceso

Como se ha venido mencionando con anterioridad, el objetivo de este trabajo es la obtención de los 3 derivados de la grana cochinilla mediante la propuesta de un sistema que tenga las características de Planta Química. Para ello, es necesario iniciar con el establecimiento de las fronteras de dicho sistema, es decir, determinar el inicio y el fin del proceso, de tal forma que:

Inicio del proceso: cosecha de la grana cochinilla

Fin del proceso: obtención de los 3 derivados (productos finales).

Además, resulta conveniente hacer la identificación tanto de las operaciones como de los procesos unitarios que se presentan en el trayecto que va desde el inicio hasta el fin en la planta química:

Operaciones unitarias:

- Muerte y secado de la cochinilla
- Eliminación de grasa y cera
- Molienda
- Evaporación
- Filtración
- Separación
- Cristalización
- Enfriamiento
- Regulación del pH

Procesos unitarios:

- Extracción con etanol-agua
- Formación del complejo (carmin)

La combinación de estos procesos y operaciones unitarias constituyen el sistema que permitirá llegar al objetivo que ya se ha mencionado.

Sin embargo, para cada derivado en particular se sigue un "camino" distinto, y por lo tanto, la combinación mencionada es también diferente, presentando cada una, sus respectivos problemas y limitantes.

Analicemos ahora las características propias del proceso:

Materia Prima

La materia prima en nuestro caso es de cierta forma un tanto peculiar, ya que se trata del insecto *Dactylopius coccus* Costa, mejor conocido como grana cochinilla del nopal.

Como se mencionó, el proceso inicia con la cosecha de la grana directamente de su planta hospedera. Esta operación tiene como finalidad obtener la materia prima en el mejor estado posible, y para esto se emplean instrumentos como pequeños cuchillos y cucharas, raspando con cuidado entre la superficie del nopal y la grana para no destruir el insecto y no dañar la superficie de la planta. Las cochinillas se recolectan en recipientes poco profundos para evitar que se apachurren entre ellas, lo cual demeritaría la calidad de la materia prima.

Esta recolección proporciona la grana con todo y la cera que cubre su cuerpo, y antes de proceder a la eliminación de esta capa de cera, es necesario dar muerte lo más rápido posible al insecto (a más tardar el día siguiente a su recolección), para evitar la pérdida de peso y materia colorante.

Además es de suma importancia cuidar que sólo se recolecte grana fina o cultivada, y no se le mezcle con grana silvestre o algún otro insecto o materia que demerite su calidad.

Se presenta entonces el siguiente paso a seguir, que

consiste en dar muerte al insecto, proceso denominado como "matado" de la grana y que también tiene relación directa con la calidad de la materia prima.

Matado

Como se mencionó con oportunidad, existen varias formas de dar muerte al insecto, siendo las más comunes el Baño María y la utilización de hornos, prefiriéndose el primero por cuestiones económicas; sin embargo, el método de Baño María proporciona una materia prima con mayor humedad inicial con respecto al método de hornos.

En nuestro caso se emplea un horno para matar el insecto, esta operación se logra cuando la temperatura del horno ha alcanzado entre los 65 y 70 ° C. El insecto se saca del horno y ya no cabe duda de que se le ha dado muerte.

Resulta importante el mencionar que es preferido el Baño María ya que únicamente se requiere de agua, dos recipientes y combustible (en la mayoría de los casos es carbón) para realizarlo, y que por otro lado, un horno requiere de mayor mantenimiento y consumo de energía, sin embargo, el producto obtenido es de mucha mayor calidad si se emplea un horno; y si tomamos en cuenta que la calidad de este producto es la calidad de nuestra materia prima, resulta a fin de cuentas, de mejor arrovechamiento éste último, ya que la calidad de la materia

prima es directamente proporcional a la calidad del producto, en este caso la de los derivados que se desean obtener.

Sacado

Hasta antes de esta operación, la materia prima es llamada grana fresca, ya que posee cierta humedad inicial (aproximadamente un 70%), y después se le llama grana seca.

El secado de la grana fresca al sol se emplea gracias a su relativa rapidez con respecto al secado a la sombra, pero presenta la desventaja de proporcionar menor rendimiento de colorante. Ambos métodos dan como resultado baja calidad debido a la poca uniformidad en el secado y a la presencia de materia y microorganismos que alteran la grana.

Un secado de tipo industrial se puede efectuar en un secador que aplique al producto una corriente de aire caliente a una temperatura de 70 °C por un espacio de 4 horas como máximo, logrando con esto alcanzar una humedad final de 9 a 11%.

Este secado rápido presenta las ventajas de tiempo, humedad final obtenida, nula contaminación de la grana, uniformidad en el secado y volumen que ha de procesarse, dando como resultado un mejor control sanitario que mejorará la presentación y calidad de nuestra materia prima. Como fué en el caso anterior la utilización de un horno para matar el insecto, en este caso, el uso de un secador resultará más provechoso y con mejores

rendimientos si tomamos en cuenta nuestro principal objetivo que es obtener los derivados con la mejor calidad posible.

Una vez que la cochinilla ha sido secada, el paso inmediato a seguir es quitarle la capa de cera que la cubre.

Limpieza

La limpieza de la grana consiste en eliminar la capa cerosa que de manera natural desarrolla el insecto sobre su cuerpo. A esta operación se le llama comúnmente "desengrasar" la grana, y es de vital importancia ya que las siguientes operaciones requieren que la grana esté completamente sin cera.

Para lograr este propósito, se emplea acetona, ya que la cera de la cochinilla resulta soluble completamente en dicha sustancia, y para ello se separa la grana en lotes a desengrasar y se coloca en recipientes; una vez hecho esto se vacía el solvente. Cuando la acetona ha disuelto por completo la cera, se lleva a cabo una "filtración" que puede ser en una malla clasificadora que deberá separar la grana de la mezcla acetona-cera. Esta operación no presenta problemas si se escoge la malla adecuada que no permita la pérdida de grana.

Cuando se ha terminado el proceso anterior, la grana puede ser almacenada sin riesgo de pérdida de peso o colorante, siempre y cuando no se deje en lugares húmedos o expuesta directamente al sol (los cuidados para el transporte y embalaje

de la grana cochinilla se mencionaron con detalle en el capítulo anterior). A la cochinilla que ha llegado a este punto del proceso se le considera como grana limpia, y se encuentra en condiciones de pasar a las siguientes partes del proceso.

Molienda

Esta operación unitaria consiste en pulverizar los cuerpos de los insectos ya muertos, secos y limpios. A diferencia del proceso casero que realizan los campesinos con un metate, se realiza la molienda con un molino que ofrece ventajas en lo que respecta a volumen de procesamiento y tiempo de operación.

Esta operación, clasificada como de reducción de tamaño, es tan importante como las anteriores que ciertos autores consideran a la grana en polvo como la materia prima de la que se parte para iniciar el proceso.

Se debe recalcar que dicha molienda debe proporcionar un producto completamente pulverizado, y que para ello puede ser necesario el uso de hasta dos molinos en serie. Es aquí donde se aprecia la importancia de contar con grana completamente seca y limpia proveniente de las operaciones anteriores para obtener un buen producto.

Al resultado de esta operación se le llama grana en polvo, que sirve para la preparación del extracto de cochinilla.

Extracción etanol-agua

Este proceso unitario se considera como el punto de partida común del que inician los procesos para obtención de carmín de cochinilla y ácido carmínico.

El resultado que se obtiene de este proceso es el extracto de cochinilla, del cual ya hemos mencionado sus características.

Este proceso consiste en obtener el colorante de la grana mediante una extracción, como su nombre lo indica, con una mezcla de etanol y agua. Para realizarlo es necesario colocar la grana seca y en polvo en un recipiente y agregar la mezcla mencionada. Es necesaria la agitación constante de la solución, ya que así se obtendrá un extracto de mayor calidad, así como también mantener la temperatura constante a 80 °C.

Para esto se presenta la utilización de un tanque agitado, en el que se llevará a cabo la extracción como tal, siendo necesario implementar además la forma para la transferencia de calor que mantendrá la temperatura deseada, para lo que se hace uso de calentamiento a fuego directo, logrando con esto un buen control de la temperatura en el tanque que contiene el extracto.

Es importante mencionar que en ocasiones, cuando la grana pulverizada no se presenta en las condiciones de limpieza y

secado que se han mencionado, es decir, que algunas veces la grana en polvo presenta residuos de acetona que se empleó para desengrasarla (muchas veces estos residuos son considerables), y se llega a la extracción, se puede llevar a cabo ésta, solamente que será necesaria la implementación de un equipo separador que obtenga el extracto por un lado y por otro deseche la solución no deseada, aprovechando que presentan diferentes viscosidades, siendo menos viscoso el extracto de cochinilla.

Como última operación del proceso de extracción etanol-agua, es necesario concentrar dicho extracto, ya que si recordamos, el extracto de cochinilla es una solución concentrada obtenida después de eliminar el alcohol del extracto acuoso-alcohólico, y para ello es necesario llevar a ebullición la solución para evaporar la mayor cantidad de alcohol y así concentrar el extracto lo más posible. Esto se puede llevar a cabo en un equipo evaporador, resultando de este último paso, una solución que contiene ácido carmínico.

Experimentos a nivel laboratorio reportan muy buenos porcentajes de ácido carmínico en el extracto obtenido, llegando a resultados de más de 50% del ácido en el extracto.

Es aquí donde nos damos cuenta de la importancia de lo que representa una buena consideración de limitantes al tratar de acercarse lo más posible a los resultados reportados mediante la óptima operación del proceso eliminando al máximo errores.

EXTRACTO DE COCHINILLA

Una vez realizada y concluida la operación anterior, el único paso que resta para llegar a la obtención de este primer derivado de la grana cochinilla es realizar una filtración para obtener el extracto concentrado y separarlo del bagazo que pueda quedar resultante del proceso de extracción.

Esta filtración se puede realizar con la simple utilización de papel filtro, en el cual quedará el bagazo que no se desea en el extracto.

Es ahora cuando se ha logrado la obtención de uno de los 3 derivados que proporciona la grana: el extracto de cochinilla y para el cual ya se han mencionado sus principales aplicaciones.

Por lo que corresponde al proceso de obtención que nos ocupa, ya se mencionó que es el extracto de cochinilla el punto común de partida para obtener tanto carmín como ácido carmínico, y es entonces en este punto de la planta donde se presenta una triple división de lo que ha sido hasta el momento la corriente principal en el proceso, las corrientes derivadas serán:

- Una para obtener ácido carmínico.
- Otra para obtener carmín.
- La última será la que proporcione el propio extracto que ya se ha obtenido.

Una vez obtenido el extracto, podemos pasar al proceso para la obtención de ácido carmínico.

ACIDO CARMINICO

Este derivado es el más difícil de obtener, y ya se mencionó que las pruebas que existen sobre su obtención son reportadas a nivel laboratorio exclusivamente, ya que para que el ácido carmínico pueda ser utilizado en todo lo que son sus aplicaciones, es necesario llegar a purezas tan altas de más de 99.5% de ácido carmínico en el producto obtenido.

Por otro lado, el mercado del ácido carmínico es en extremo reducido y sobre todo si se compara con el mercado que abarcan el extracto y el carmín. Aproximadamente se reporta un consumo máximo de ácido carmínico puro en México de 0.250 Kg anuales, lo que nos da idea de su reducida demanda, esto debido a su escasa producción, ya que ésta es complicada, y aunado a lo anterior encontramos que su campo de aplicación es, como se ha mostrado, muy específico y concentrado principalmente en el campo de la llamada micro-tecnología.

Es muy importante hacer incapié que el proceso que se presenta para la obtención del ácido carmínico puro es similar, en lo que corresponde al conjunto de operaciones, al proceso de obtención del extracto, pero en este caso los limitantes de los que ya hemos hablado y que se presentan en el proceso industrializado, juegan un papel en extremo determinante.

Iniciando concretamente con el proceso de obtención de ácido carmínico, después de tener el extracto que se utilizará para tal efecto, se presentan los siguientes pasos:

Precipitación

Esta precipitación se ha logrado producir en experimentos mediante la adición de un compuesto conteniendo plomo, el cual forma un complejo insoluble que es posible separar. Esta formación del complejo se lleva a cabo en condiciones específicas como lo es el tratamiento con una solución de enzimas proteolíticas y un agente surfactante.

Para llevar a cabo lo anterior, sólo se necesita un recipiente en donde se lleve a cabo la formación del complejo mencionado para de inmediato pasar a la separación del mismo.

Separación

Esta operación resulta hasta cierto punto sencilla de realizar, ya que se puede llevar a cabo en un equipo separador ya sea por decantación (decantador) o bien mediante una filtración utilizando papel filtro; lo importante es lograr separar el complejo insoluble para poder seguir con el proceso.

Una vez logrado lo anterior, sigue una operación muy importante y que podríamos decir que es la determinante del proceso, pero que a su vez es en la que se presentan el mayor

número de limitantes, tanto físicas como químicas y que hacen difícil la obtención del ácido carmínico puro. Dicha operación es la siguiente:

Purificación

La purificación del ácido carmínico se lleva a cabo mediante una operación unitaria que consiste en obtener sólidos en forma de cristales a partir de una solución líquida saturada de la sustancia que se quiere purificar, en este caso de ácido carmínico. Esta operación es la **Cristalización**, y para lo cual se emplea un equipo cristizador, que tiene como principal objetivo crear una solución sobresaturada (ya que sin la sobresaturación no es posible la cristalización) para luego iniciar con la formación y crecimiento de los cristales.

Una vez concluida la cristalización del ácido carmínico, en el equipo citado, la última etapa del proceso en cuestión corresponde a la separación de los cristales.

Separación

Al llegar a esta operación, sólo resta realizar la filtración correspondiente para separar los cristales de ácido carmínico, lo cual se hace con papel filtro, presentándose como una opción la utilización de una centrífuga aunque los experimentos realizados hacen uso del primer método, lo cual no

quiere decir que el segundo método no sea viable o no brinde los mismos resultados.

Con esta operación concluye el proceso correspondiente a la obtención de ácido carmínico, del cual ya se presentaron sus características y aplicaciones.

Sólo queda un derivado de la grana cochinilla: el carmín, que es fundamentalmente el de mayor demanda y cuyos limitantes en su proceso de obtención no tienen las características que se presentaron para el ácido carmínico, y que pueden ser resueltos satisfactoriamente, lo cual se refleja en resultados completamente aceptables.

Veamos ahora este proceso:

CARMIN DE COCHINILLA

Como vimos con anterioridad, el carmín es un complejo donde el metal es el aluminio (sus características ya fueron descritas) y que, como en el caso del ácido carmínico, se parte del extracto de cochinilla.

En el caso de nuestra planta química, se hará uso de una parte del extracto ya obtenido y que fué el primero en procesarse. Las operaciones y procesos unitarios que conforman la obtención del carmín de cochinilla son similares a los del extracto, así como el equipo utilizado, siendo los siguientes:

Mezclado

Este proceso es realizado a nivel casero de forma un tanto empírica, sin embargo, en lo que corresponde al aspecto de industrialización, se presenta este mezclado en un tanque agitado, en el cual se encuentra el extracto que se ha separado y se le agrega a éste ácido cítrico.

A esta solución se le agrega una carga de goma vegetal en agua y alumbre de potasio. Es muy importante que se presente una agitación constante, la cual la proporciona el equipo en cuestión.

Ya realizada la mezcla, se lleva a cabo otra operación:

Evaporación

Esta operación se puede realizar en el mismo recipiente en el que se ha realizado la mezcla, sin embargo resulta conveniente la utilización de un equipo de transferencia de calor apropiado para tal efecto como un evaporador.

Cuando se encuentra la mezcla en ebullición, se pasa a la siguiente operación:

Adición de CaCO_3

El carbonato de calcio se agrega a la solución anterior y "dentro" de este proceso se lleva a cabo otra operación al mismo tiempo:

Regulación del pH

Se efectúa el ajuste del pH mediante la adición de acetato de sodio. Esta operación debe dar como resultado una solución ácida. Las operaciones siguientes constituyen la parte final de la obtención del carmín:

Evaporación

Se vuelve a realizar otro proceso de evaporación, realizando éste en el mismo equipo evaporador sin problema alguno, de tal forma que se logre concentrar bastante la solución, y una vez realizado esto, se procede a agregar cloruro de sodio como reactivo final.

Concluido este paso, se procede a enfriar durante toda la noche la solución resultante del proceso anterior y se concluye el proceso con las operaciones siguientes:

Filtración y Secado

Al día siguiente, cuando el producto se ha enfriado por completo, se procede a una filtración, que puede llevarse a cabo en un equipo separador como un filtro rotatorio o un filtro prensa, dependiendo de las características que presente el producto a filtrar; en ocasiones podrá realizarse dicha separación mediante decantación.

Dicho filtrado da como resultado un pigmento de color rojo

intenso: el carmín, y que puede ser pasado por un secador con la finalidad de eliminar la humedad existente y mejorar la calidad del producto. Esta operación se recomienda realizar, sobre todo si el producto va a pasar a una etapa de transporte y embalaje para su comercialización.

Al igual que el caso del extracto, resultados obtenidos de experimentos reportan porcentajes por arriba del 50% de ácido carmínico en el carmín obtenido.

Cabe mencionar que en el capítulo anterior se presentó un método de análisis que permite hacer la evaluación de dichos porcentajes de ácido carmínico para muestras de productos obtenidos.

Con lo anterior queda ilustrado el procedimiento que, a partir de grana, presenta las características adecuadas para proporcionarle el carácter de industrial, y que, a diferencia del proceso artesanal o casero que realizan los campesinos dedicados a esto en todo el estado de Oaxaca, basa sus procedimientos en las operaciones y procesos unitarios que la Ingeniería Química ha utilizado para buscar la optimización de los procesos que tienen como finalidad principal el beneficio del hombre.

ANALISIS DE LA PLANTA

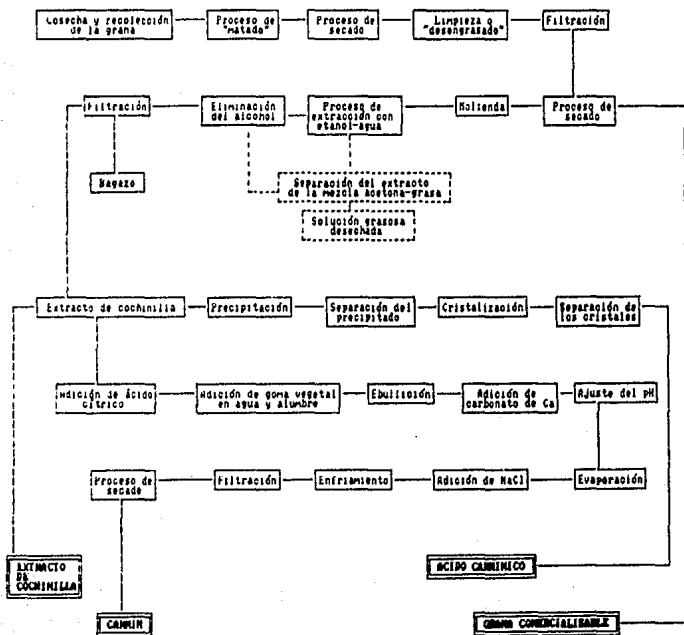
Diagrama de Bloques

Una vez que se ha planteado y descrito el proceso para la obtención del extracto de cochinilla, del carmín y del ácido carmínico desde un punto de vista de planta química, resulta de mucha ayuda la elaboración del diagrama de bloques que presente de forma más detallada cada una de las operaciones y procesos existentes en la planta.

Además, no sólo se busca que dicho diagrama proporcione la línea de operación principal del sistema, sino que también plantee de manera esquemática la estructuración de la planta química, lo que facilita el entendimiento de la misma, ya que con el uso del diagrama de bloques se podrán realizar modificaciones posteriores a lo que será el digrama con equipos, ya que cabe aclarar que cada bloque no corresponde necesariamente a un equipo específico.

En la siguiente página se presenta el Digrama de Bloques de la Planta Procesadora de Grana Cochinilla.

DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA
PLANTA PROCESADORA DE GRANA COCHINILLA



- Línea principal de operación
 - - - - - Este proceso se lleva a cabo cuando la grana presenta residuos considerables de la sustancia "desengrasante"
 = = = = = Productos

Equipo utilizado

Sabemos que todo sistema que presente las características del planta química hará uso de aparatos o equipos que no tienen otra finalidad más que realizar un proceso u operación para el cual fueron diseñados. Estos equipos además, debido a su capacidad de volúmenes de procesamiento como a los tiempos de operación que emplean, dan el carácter de industrial a determinado proceso químico; resulta prácticamente imposible concebir la existencia de una planta química sin la presencia en ella de secadores, tanques, reactores, etc.

En el caso que nos ocupa, el proceso químico hace uso de estos equipos, y también son éstos los que influirán de manera directa en la calidad de los productos obtenidos, ya que sabemos que existe un factor determinante que no puede ser alterado una vez que un determinado equipo se encuentra en funcionamiento, ese factor es la eficiencia.

Es importante mencionar que no se pretende en este trabajo hacer un estudio sobre el diseño y selección del equipo óptimo a emplear, ya que se llegaría a otro tema: el dimensionamiento de equipos y plantas, que aunque está íntimamente relacionado, es tan amplio que correspondería a otro trabajo igualmente extenso. Sin embargo, a continuación se presenta la simbología utilizada en este trabajo, tanto de los diferentes tipos de equipos como de las corrientes del proceso.

El equipo que se utilizará es el siguiente, y de acuerdo al tipo de operación que realiza tenemos:

Mezcladores

-Tanque agitado

Separadores mecánicos

-Centrífuga

-Malla clasificadora

-Filtro rotatorio

-Filtro prensa

-Decantador

-Embudo y papel filtro

Reductores de tamaño

-Molino

Transferencia de calor

-Horno

-Tanque calentado a fuego directo

-Evaporador

Transferencia de masa

-Secador de banda

-Cristalizador

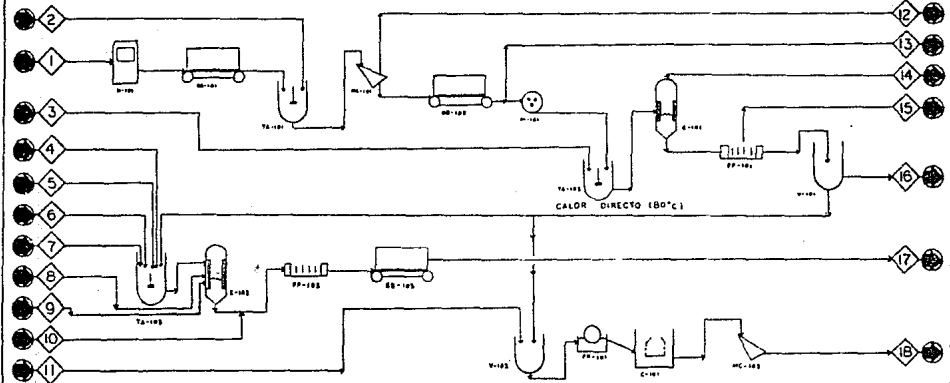
Estructuración principal

La estructuración de la Planta Procesadora de Grana Cochinilla no es otra cosa más que la combinación de los equipos mencionados para la formación del proceso químico como tal, y que a su vez está conformado por la serie de procesos y operaciones descritos en la mayor parte de este capítulo.

Lo anterior se presenta en el siguiente Diagrama de Equipo, el cual tiene como principal objetivo hacer la representación esquemática, ya no de las operaciones y procesos mencionados (como se hizo en el diagrama de bloques), sino obviarlos mediante una simbología convencional para cada equipo en particular.

También se hace mención a las cargas de reactivos "externos", a las líneas de operación y lógicamente, a las fronteras del sistema.

PLANTA PROCESADORA DE GRANA COCHINILLA



UNIVERSIDAD LA SALLE

No 1 Obtención de
 Extracto de cochinilla,
 Carmin y
 Acido Carminico
 a partir de grana cochinilla.

Flujo de Proceso Jorge Alberto Pérez Díaz

CUADRO DE BALANCE

Corrientes de Entrada

No.	Descripción	Cantidad (kg)	Observaciones
1	urana cochinilla recién cosechada	1,200	
2	acetona	500	d=0.79 g/ml; T=25°C
3	Etanol-agua al 70%	605	d=0.863 g/ml; T=25°C
4	ácido cítrico	20	T=25°C
5	goma vegetal	5	T=25°C
6	agua	50	d=1.0 g/ml; T=25°C
7	hidróxido de potasio	95	T=25°C
8	carbonato de calcio	15	T=25°C
9	acetato de sodio	75	T=25°C
10	cloruro de sodio	125	T=25°C
11	solución con plomo	-	-

Corrientes de Salida

No.	Descripción	Características
12	acetona-líquida	-
13	Grana cochinilla comercializable	9% de humedad (1a. calidad)
14	Etanol	T=20°C
15	pegazo	-
16	Extracto de Cochinilla Concentrado	60% de ácido carmínico
17	Carmín	55% de ácido carmínico
18	Acido Carmínico Purificado	Cristales

Identificación del Equipo

Convencionalmente se identifica el equipo empleado mediante su TAG, área de servicio y número de la siguiente manera:

TAG - (área de servicio)(número de equipos)

Para el proceso en cuestión tenemos:

Area de servicio No. 1: obtención de los derivados

H - horno

SB - secador de banda

TA - tanque agitado

MC - malla clasificadora

M - molino

E - evaporador

FP - filtro prensa

V - recipiente

FR - filtro rotatorio

C - centrífuga

El número de equipos se identifica en al diagrama de equipo, por ejemplo:

SB-102 es el secador de banda, perteneciente al Area de servicio # 1, equipo número 2.

Esquema de producción de la planta.

Si analizamos el proceso que se presenta en el diagrama de equipo nos daremos cuenta de que la característica principal es que los reactivos son cargas no continuas y por consiguiente el proceso resulta ser de tipo Intermitente o por Lotes.

Además, para el caso del ácido carmínico puro, ya se mencionó que su obtención sólo se realiza a nivel laboratorio obteniendo cantidades extremadamente pequeñas comparadas con la producción de los otros derivados.

Así pues, de acuerdo a datos que se reportan en la producción de carmín en el Perú y estimados por el autor González Pacheco, se sabe que para producir 1 kilogramo de carmín se necesitan 5 kilogramos de grana cochinilla seca y limpia.

Lo anterior nos da una idea de los volúmenes de producción que serían posibles de alcanzar en la planta tomando como base una masa inicial de cochinilla seca de 1,500 kg. por cada lote.

Tomando en cuenta lo anterior, por cada lote de grana se llegaría a la producción de los 300 kilogramos de carmín.

Esto nos da una clara idea de la importancia que tiene el disponer de materia prima lista para procesarse, lo que quiere decir que es indispensable una planificación correcta del cultivo y cosecha del insecto durante el año.

El siguiente cuadro pretende mostrar lo que sería la capacidad de producción de la planta:

Lotes de grana (1,500 kg/lote)	Producción de carmín (kg)
1	300
2	600
3	900
4	1,200

Como se ha mencionado a lo largo del capítulo, la calidad del colorante es función de la calidad de la materia prima, y es por ello que se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1.-Evitar almacenar la grana por tiempos muy prolongados ya que esto repercutiría en su calidad y consecuentemente en la de los productos finales.
- 2.-En caso de resultar necesario su almacenamiento, debe contarse con las condiciones óptimas para hacerlo, en un lugar completamente seco y en empaques apropiados (recordar los cuidados de la grana en el cap. 3).

Es ahora cuando nos podemos dar cuenta de la importancia que tiene el rescatar la producción de este insecto que representa una viable opción en la producción de colorantes naturales que no presenten riesgo para la salud humana y sobre todo, una industria que fué, y puede volver a serio, de gran importancia para México.

CAPITULO 5

ASPECTO COMERCIAL DE LA GRANA COCHINILLA

Antecedentes

La grana cochinilla como tal (insecto seco y limpio) y como materia prima para la obtención del colorante, fué conocida en México y sobre todo en el Estado de Oaxaca desde los tiempos prehispánicos. Además, desde la época de La Colonia, tenía gran importancia comercial, ya que servía de soporte económico para las comunidades indígenas que la cultivaban, llegando a ser un producto codiciado en la Nueva España y en el Antiguo Continente, representando el tercer producto de exportación del México Antiguo únicamente después del oro y la plata. Basta mencionar que sólo el Estado de Oaxaca, que fué el productor por excelencia de la grana cochinilla, alcanzó la producción durante la década de 1770 de 650 toneladas anuales en promedio de insecto seco, que en términos comparativos, toda la producción mundial actual por año representa únicamente la tercera parte de la que se alcanzó sólo en Oaxaca durante la década mencionada.

De manera lamentable, y por diversas situaciones políticas, económicas y otras que ya se han mencionado entre las cuales está la entrada de los colorantes sintéticos al mercado internacional, la producción de grana cochinilla en nuestro país se vino abajo y por consiguiente, el colorante también cayó en

desuso rápidamente.

No obstante lo anterior, la cochinilla sigue produciéndose en Oaxaca, siendo éste el único estado de la República que se dedica al rescate del cultivo, pero cuyos niveles de producción son sumamente bajos. Lo importante de este hecho es que aún existe una tradición para la producción de la grana.

Mercado Mundial

Para darnos una idea general del estado actual de la industria de la grana a nivel mundial, baste mencionar que hasta el momento Perú es el principal productor, originando el 85% del total del mercado mundial, siendo por lo tanto el país que ocupa también el primer lugar en producción y exportación del insecto.

En el periodo de 1978 a 1982, este país produjo un promedio anual de 211 toneladas de cochinilla seca y limpia, y ya para el año de 1985 se llegaron a producir 270 toneladas.

Por otro lado, en lo que respecta al renglón de exportaciones, de 1975 a 1985 Perú exportó en promedio 163.356 toneladas por año.

En 1986 y 1987 se produjeron aproximadamente 200 toneladas del insecto seco cada año, siendo entre estos años cuando un total de 16 países importaron grana de Perú, ocupando Francia el primer lugar como demandante con un 43.4%, le siguió Japón

con 21.2% e Inglaterra con 14.2%.

La producción a nivel comercial del Carmin de cochinilla se inició en Perú en 1977, año en el que se exportaron 120 kg del colorante. Esta cantidad se quintuplicó en 1978 y se duplicó al año siguiente. En 1980 y 1981 las exportaciones de este país se redujeron a la mitad de lo que se había exportado en 1979, pero a partir del año de 1982 se presentó un crecimiento significativo especialmente en 1984, cuando se lograron exportar más de 10,000 kg de carmín.

En el transcurso de 1983 a 1985, fueron 18 los países que demandaron la producción del colorante (carmin de cochinilla) entre los que sobresalieron:

Estados Unidos	51.2%
Brasil	22.1%
R.F.A.	9.4%
Francia	7.3%

ya que importaron el 90% del carmín peruano. Por su parte, los 14 países restantes importan cantidades pequeñas, entre los cuales aparece México.

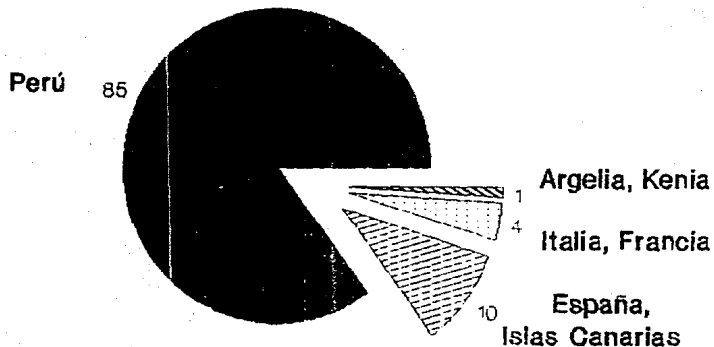
Lo anterior nos da una idea del desenvolvimiento que ha venido teniendo el mercado de la grana y el carmín a nivel mundial. ya que como se muestra, es Perú el país que abarca casi en su totalidad dicho mercado. Sin embargo, existen en la

actualidad otros países en los que también se da importancia comercial al producto, aunque no se llega a los porcentajes tan altos que se dan en el caso del Perú.

Es el caso de España, por ejemplo, donde se llega a producir la cantidad de grana suficiente para satisfacer el 5% de la demanda mundial. El restante pequeño porcentaje de la demanda mundial se ve abastecido por otros países que producen grana en cantidades menores entre los que se pueden mencionar a países africanos como Argelia y Kenia e incluso países europeos como Francia e Italia que empiezan a buscar su autosuficiencia del producto aunque sea en menor escala, llegando a realizar pequeñas exportaciones.

Cabe mencionar que para México, desafortunadamente la producción de grana se ha reducido de forma exclusiva al mercado artesanal incluso llegando a desaparecer en poblados que fueron centros importantes de su comercio y cultivo. Para darnos una idea de esto, ya se dijo que Oaxaca es, en la actualidad, el único estado de la República donde se produce el insecto, y aunque es difícil cuantificar dicha producción con exactitud, se estima que es de unos 50 kg al año cuando mucho, lo que representa poco más del 0.02% de la producción mundial actual, cifra despreciable si se compara con lo que se llegó a producir en nuestro país hace dos siglos.

Mercado Mundial de Grana Cochinilla



porcentajes

Principales Países Productores

Situación Actual en el Estado de Oaxaca

La marcada tendencia mundial por los colorantes naturales augura un buen panorama para la grana cochinilla y para el colorante, confirmándose por la necesidad que muestran algunos países por adquirirlo. Este auge que gira alrededor del producto, permite darnos cuenta de la importancia que tiene para México el rescate de esta industria, que entre otros beneficios además de generar empleos, representa una fuente potencial de divisas para nuestro país.

Esta situación ha sido evaluada con detenimiento en el estado de Oaxaca por varias dependencias gubernamentales entre las que destacan por su participación:

- La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)
- La Secretaría de Desarrollo Rural (SEDER)
- La Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT)
- El Centro Interdisciplinario y de Investigaciones para el Desarrollo Integral Rural (CIDIIR)
- El Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (ITAO)
- El Instituto Nacional Indigenista (INI)

Estas dependencias han venido elaborando programas para el rescate de la grana cochinilla.

Por otro lado, los campesinos que de forma independiente todavía practican el cultivo y cosecha del insecto, son hasta

cierto punto un reducido número, y se encuentran distribuidos en las 7 regiones que conforman el estado. Sin embargo, aunque son ellos los que conocen con exactitud el "secreto" del cultivo y cosecha de la grana, la mayoría ha dejado de practicarlo para dedicarse a otras actividades que les proporcionen mejores ingresos para su familia.

Esta situación ha propiciado que ambas partes se junten: campesinos y autoridades gubernamentales para actuar en conjunto, y así, en el año de 1989 se dió inicio al primer programa de rescate llamado "Proyecto para la Producción Comercial de Grana Cochinilla del Nopal en la Mixteca Alta y Valles Centrales del Estado de Oaxaca", siendo el único que hasta el momento ha brindado buenos resultados, ya que anteriormente se realizaron proyectos similares pero cuyos resultados no fueron por mucho los esperados.

El presente proyecto cuenta con una coordinación adecuada de los esfuerzos organizativo y económico por parte del Gobierno, y técnico por parte de los campesinos. Además, se plantea alcanzar para el año productivo de 1991-1992 la cantidad de 5,520 kg de cochinilla seca por año lo que representa el 2.5% de la producción mundial anual.

La demanda de la cochinilla está en aumento, y es por ello que será necesario aumentar la oferta. Esto es fácil de observar si se toman en cuenta los siguientes puntos:

- 1.-La prohibición de colorantes sintéticos por la FDA.
- 2.-El carmín y el extracto de cochinilla están permanentemente listados en el FDA Index, exentos de toda certificación y no tienen limitante de uso.
- 3.-Existe a nivel mundial un incremento en el uso de productos naturales.

El Producto en el Mercado

Sin embargo, para poder situar a la grana cochinilla y sus derivados dentro de un marco comercial real es necesario especificar que:

- La grana cochinilla es la materia prima para la obtención de los derivados: extracto de cochinilla, carmín y ácido carmínico.
- El extracto de cochinilla y el carmín son ampliamente demandados en el mercado nacional y mundial debido a su campo de aplicación.
- Por su parte, el ácido carmínico presenta una demanda casi nula en comparación con los productos anteriores (se mencionó que su demanda no llega a los 0.250 kg por año).
- No es posible concebir que el mercado de los colorantes sea completamente abarcado por los derivados de la grana, ya que existen gran cantidad de colorantes también naturales que compiten en calidad y precio, y por último,
- Debe contemplarse la explotación del recurso en cuestión como

alternativa con la de otros colorantes tanto sintéticos como naturales.

Estos puntos son muy importantes ya que estructuran el marco comercial real que delimita al producto, y que a la larga podrá ir ampliándose y ajustándose tanto desde el lado de la oferta como de la demanda.

Además, para lograr lo anteriormente mencionado, se deben contemplar estos dos aspectos (oferta y demanda), que son fundamentales y que determinan la viabilidad de un producto.

Comportamiento de la Oferta

Ya se mencionó que a nivel mundial Perú proporciona el 85% de la producción mundial; esto no quiere decir que la demanda de cochinilla sea completamente satisfecha aunque existan otros países que complementen dicha producción. Es por ello que resulta difícil establecer con exactitud la oferta del producto ya que solamente un país puede considerarse como productor constante, teniendo los demás producciones muy variables, limitándose por lo tanto a la confiabilidad de los datos proporcionados por el principal productor, que en la actualidad es, y por mucho, el Perú, que reporta la cantidad de más de 190 ton. de grana seca por año, y de manera sorprendente, durante el año de 1990 Italia reportó la producción de aproximadamente más de 5 ton. en el año.

Es importante mencionar que el citado 85% que cubre la producción peruana presenta también fluctuaciones, causadas por la relativa inestabilidad de los restantes productores, resultando así más difícil la cuantificación exacta de la oferta mundial.

En lo que respecta a la oferta interna, es decir, la producción en México, ya se dijo que es prácticamente nula, y es por ello que la grana cochinilla que es empleada a nivel comercial en la industria mexicana es totalmente importada, reportándose los mencionados datos en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en su Dirección General de Estadística Sectorial e Informática y Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior.

Comportamiento de la Demanda

La demanda de cochinilla para la producción del colorante a niveles comerciales e industriales significativos es relativamente reciente (de hace 10 o 12 años a la fecha).

La demanda mundial tanto de carmín como de grana supera considerablemente a la oferta y aunque se tienen datos de exportaciones mexicanas de "Colorantes de Origen Natural"(*), las exportaciones de carmín por parte de México son nulas. Sin embargo el monopolio peruano de la grana y los constantes esfuerzos de otros países para aumentar la producción del insecto nos demuestran una creciente demanda del colorante.

La demanda interna de grana cochinilla también presenta un aumento que se ve satisfecho por importaciones ante la baja oferta, lo que representa un amplio panorama para el crecimiento y desarrollo de esta industria en nuestro país.

Por otro lado, en lo que respecta a la demanda interna del carmín de cochinilla, se puede apreciar en las gráficas de las páginas siguientes que estas importaciones (demanda) de colorante presentaban valores altos cuando las importaciones de grana seca tenían valores bajos, sin embargo, la tendencia del mercado nacional está cambiando, y se puede observar que las importaciones de carmín han disminuido pero la demanda de grana cochinilla ha aumentado considerablemente. Esto es hasta cierto punto lógico ya que el carmín tiene un precio de importación elevado, y por su parte, la grana seca es mucho más barata, su arancel es del 10% y NO necesita permiso de importación, lo que le da una ventaja ante el colorante. Es por esto que las importaciones del insecto han aumentado en México, buscando así la industria que hace uso del colorante una autosuficiencia en la producción del mismo.

(*)Fuente: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Reporte de las exportaciones de "Colorantes de Origen Natural" por parte del Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior.

Consumo Nacional: Importaciones

A continuación se presentan a manera de listas y gráficas los datos reportados por SECOFI para las importaciones de grana cochinilla y carmín en México.

Es interesante observar el comportamiento que presentan estos datos y que se reflejan más claramente en las gráficas obtenidas, así como también es hasta cierto punto sorprendente observar cuáles son los países que importan a México estos productos, lo que nos da una clara idea de la situación pobre de México en esta industria y de la enorme importancia que tiene un inmediato rescate de la misma.

Independientemente de la demanda que existe de carmín a nivel mundial, en México el consumo del colorante se ve satisfecho, como ya se mencionó, gracias a importaciones, las cuales son registradas en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Para el caso de la grana se reportan como "Importaciones de Cochinillas Secas o en Polvo", y para el caso del carmín como "Importaciones de Rojo Natural #4".

Como dato adicional, se menciona que la fracción arancelaria para cada producto es:

0511.99.01	para la grana seca y
3203.00.02	para el carmín.

Importaciones de Cochinilla**Año: 1988****País: Italia****Peso: 38 kg****Precio: 3,974 dls.****Precio por kg: 104.58 dls/kg****País: Perú****Peso: 20 kg****Precio: 4,085 dls.****Precio por kg: 204.25 dls/kg****Peso total: 58 kg****Precio total: 8,059 dls.**

Año: 1989**País: Italia****Peso: 30 kg****Precio: 2,721 dls.****Precio por kg: 90.70 dls/kg****Peso total: 30 kg****Precio total: 2,721 dls.**

Año: 1990

País: Italia

Peso: 400 kg

Precio: 6,320 dls

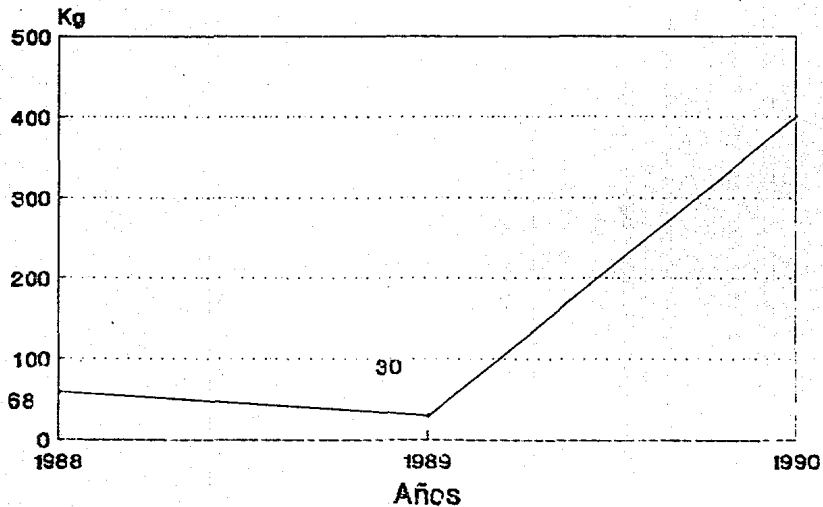
Precio por kg: 15.80 dls/kg

Peso total: 400 kg

Precio total: 6.320 dls

Importaciones de Grana Cochinilla

121



Datos de SECOFI

Importaciones de Carmin**Año: 1988****País: República Federal Alemana****Peso: 15 kg****Precio: 1,650 dls. Precio por kg: 110 dls/kg****País: Estados Unidos de Norteamérica****Peso: 842 kg****Precio: 90,264 dls Precio por kg: 107.2 dls/kg****País: Paraguay****Peso: 59 kg****Precio: 13,502 dls Precio por kg: 228.85****País: Perú****Peso: 136 kg****Precio: 26,782 dls Precio por kg: 196.93 dls/kg****Peso Total: 1,052 kg****Precio Total: 132, 198 dls**

Año: 1989

País: República Federal Alemana

Peso: 33.1 kg

Precio: 3,418 dls

Precio por kg: 103.26 dls/kg

País: República Democrática Alemana

Peso: 14 kg

Precio: 2,004 dls

Precio por kg: 143.14 dls/kg

País: Estados Unidos de Norteamérica

Peso: 11.1 kg

Precio: 205 dls

Precio por kg: 18.47 dls/kg

País: Perú

Peso: 30 kg

Precio: 4,469 dls

Precio por kg: 148.97 dls/kg

País: Isla de Pitcair

Peso: 50 kg

Precio: 8,979 dls

Precio por kg: 179.58 dsl/kg

Peso Total: 138.2 kg

Precio Total: 19,075 dls

Año: 1990

País: República Federal Alemana

Peso: 31.2 kg

Precio: 5,178 dls

Precio por kg: 165.96 dls/kg

País: Estados Unidos de Norteamérica

Peso: 10 kg

Precio: 106 dls

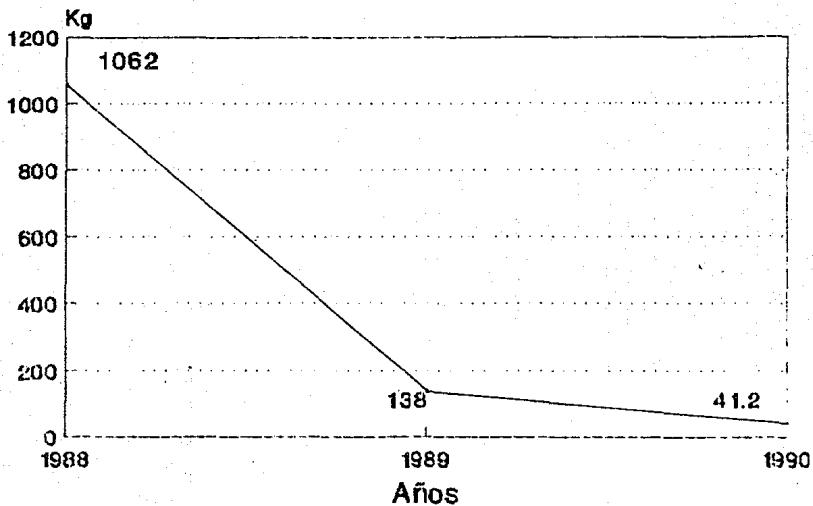
Precio por kg: 10.6 dls/kg

Peso Total: 41.2 kg

Precio Total: 5,284 dls

Importaciones de Carmín

125



Datos de SECOFI

Proyección a Futuro

Como se ha visto a lo largo del desarrollo de este trabajo, son muchos los factores que influyen directamente en la industria de la grana cochinilla, unos para bien y otros para mal. Sin embargo, si se hace un balance general de dichos factores, se puede llegar a conclusiones e ideas concretas que inclinen la balanza ya sea a favor o en contra del rescate de la grana cochinilla como industria.

A continuación, se propone una comparación entre los elementos que favorecen la viabilidad del proyecto contra los que parecen demeritarlo. Esto no es otra cosa más que un análisis general que nos permita "ver hacia el futuro" para así poder conocer y determinar las posibilidades reales del resurgimiento de este insecto y su utilización industrial.

De manera personal considero que un factor muy importante y de mucha "fuerza" que se presenta en contra de la grana cochinilla es una combinación de dos elementos y que consiste en lo siguiente:

En la actualidad las empresas que conforman el gran consumidor de materia colorante hacen uso, todavía y en gran parte de sus productos, de colorantes sintéticos. Sin embargo, muchas de ellas buscan la utilización de sustancias naturales y tienden al cambio. Es en este punto de transición donde se debería aprovechar para introducir estas sustancias naturales y

y así "resaltar" los beneficios que conllevan. Pero por otro lado, para cualquier empresa siempre representa un riesgo potencial el hecho de modificar lo que hasta el momento les ha resultado satisfactorio. Es necesario hacer incapié en que esto no quiere decir que no sea posible dicho cambio, ya que de hecho, este giro se ha dado no sólo en industrias nacionales, sino también a nivel mundial. Y es precisamente aquí donde se presenta lo que llamaríamos el "punto débil" del proceso de industrialización de la grana cochinilla (aplicable al uso e industrialización de otras sustancias naturales), ya que como se ha visto, la oferta y producción del insecto para satisfacer la demanda nacional no es constante y presenta variaciones que en la mayoría de los casos no tienen nada que ver con la mencionada demanda del producto. En otras palabras, parece existir un aparente miedo o desidia en el país por parte de los productores que no se deciden a re-utilizar este producto, y como es natural, ante esta inestabilidad e inseguridad en la oferta, la industria del país busca siempre lo "seguro" y se mantiene en buena parte con la utilización de los productos sintéticos.

Sin embargo, este "punto débil" puede ser superado o mejor dicho, reforzado, mediante acciones determinantes y decisivas como lo es el caso del proyecto para rescatar el cultivo de la grana cochinilla que se menciona en páginas anteriores y que empieza a dar sus primeros frutos.

Si a esto aunamos todos los elemetos que están "a favor" del resurgimiento de los colorantes naturales, y entre los cuales podemos citar:

- Toxicidad de algunos colorantes sintéticos.
- Aumento de la demanda de colorantes naturales (determinante).
- Facilidad para el cultivo y cosecha de la grana cochinilla.
- Excelentes propiedades del carmín.
- etc...

no es difícil darse cuenta de que la balanza tiende a inclinarse hacia el lado de la grana cochinilla y, por consiguiente, se presenta un futuro alentador y perspectivas que prometen.

Es así como queda en manos de los mexicanos sacar adelante al país mediante la óptima explotación de los recursos que México posee.

CONCLUSIONES

Como en todo trabajo de investigación, la parte correspondiente a las conclusiones es de suma importancia ya que éstas representan en cierta forma una respuesta al planteamiento realizado en los objetivos iniciales.

De manera concreta, para el caso que nos ocupa y que es el correspondiente a la obtención de los colorantes naturales obtenidos de la grana cochinilla, y específicamente a un proceso con carácter industrial, se presentan a continuación las siguientes conclusiones:

En lo referente al uso de colorantes sintéticos en la industria alimentaria, de cosméticos y farmacéutica, está comprobado el carácter tóxico de algunos de ellos. Es por ello que debe existir un riguroso control de su empleo para bien de la salud humana.

La grana cochinilla es una de las tantas opciones que se tienen para poder reemplazar dichos colorantes tóxicos por colorantes que no lo son. El colorante obtenido es de tipo natural y no presenta ningún riesgo para la salud.

El insecto presenta muy buenas perspectivas tanto a nivel nacional como a nivel mundial debido a su creciente demanda, y

es por ello que es necesario su rescate en nuestro país lo inmediatamente posible.

La producción actual en México y específicamente en el estado de Oaxaca emplea los mismos métodos de infestación, cosecha, muerte y secado del insecto que en la época Colonial.

Lo mismo sucede en la obtención del colorante, que sólo se produce para satisfacer los requerimientos de artesanos en el mencionado estado, empleando una técnica que ha sido transmitida de una generación a otra en las familias que se dedican al teñido de textiles para artesanía.

A pesar de las ventajas ofrecidas por los derivados de la grana cochinilla, existe una marcada inestabilidad en la producción del insecto y por consiguiente del colorante, lo que origina que la demanda no sea estable. Es importante enfatizar que la demanda existe, pero la producción nacional no es suficiente llegándose a importar tanto el insecto como el colorante.

El proceso de industrialización para la obtención del colorante tiene como característica principal ser un proceso por lotes y que requiere de tener disponible materia prima lista para procesarse, lo cual se puede lograr mediante una adecuada programación del cultivo y cosecha del insecto, lo que repercutirá en una paulatina estabilización de la oferta.

Desde el punto de vista industrial, el proceso resulta idóneo para la producción de extracto de cochinilla y carmín, ya que son los de mayor importancia comercial y cuyo campo de aplicación es bastante amplio, no así para el ácido carmínico, que tiene mínima demanda, aplicaciones restringidas y cuyo proceso de obtención es a nivel de laboratorio.

Resulta imposible tratar de competir en volumen de producción con los países que poseen actualmente el monopolio del insecto, pero en cambio, sí es factible iniciar con volúmenes de los productos (grana y colorante) que aunque sean pequeños, presenten la calidad necesaria que permita la competencia en el mercado y posteriormente pueda representar un porcentaje significativo a nivel mundial.

Por último y de manera personal, deseo hacer mención que este trabajo de investigación realizado para presentarse como Tesis Profesional es una respuesta a los esfuerzos que se vienen haciendo en el estado de Oaxaca, único que conserva el cultivo de la grana, representando aunque sea de forma teórica una continuación al trabajo de los campesinos que desean seguir cultivando este insecto que así como fué motivo de bonanza para nuestro México Colonial, tiene la posibilidad de ser en la actualidad un elemento de gran ayuda para lograr la superación y el mejoramiento del México que desea un verdadero crecimiento y desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Alzate, R.J.
"La naturaleza". Sociedad Mexicana de Historia Natural.
Tomo VI.
- 2.- Castello, Yturbe Teresa.
"Colorantes naturales de México". Industrias Resistol S.A.
México, D.F. 1988
- 3.- Code of Federal Regulations. Foods and Drugs. Office of the
Federal Register National Achieves and Records Administra-
tion. 1985.
- 4.- Coulson, James.
"Prospects for the use of natural coloring materials in the
food industry". International Flavors and Food Additives.
1978.
- 5.- Coulston, Frederick.
"Regulations aspects of carcinogenesis and food additives".
New York Academic, 1979.
- 6.- Dahlgren de J. B.
"La grana cochinilla". Nueva Biblioteca Mexicana de Obras
Históricas. México 1963.

- 7.- Dahlgren de J. B.
"La Mixteca: cultura e historia prehispánica". Edición del Gobierno Constitucional del Estado de Oaxaca. 1979.
- 8.- Donkin, R.A.
"Spanish red on ethnogeographical study of cochineal and Opuntia cactus". The American Philosophical Society. 1977.
- 9.- Dziezak, Judie D.
"Application of food colorants". Food Technology. 1987.
- 10.- Explotación de la grana cochinilla en los Valles Centrales de Oaxaca. Proyecto Preliminar. Comisión Nacional de Fruticultura-SARH. Delegación Estatal Oaxaca. 1989.
- 11.- Francis, F.J.
"Lesser-known food colorants". Food Technology. 1987.
- 12.- Francis, F.J.
"New process for natural red food colorants". Cereal Food World. 1981.
- 13.- Gessner, G.H.
"Diccionario de química y de productos químicos". Editorial Omega.

14.- González, P.C.

"Perú y la cochinilla y modelo productivo de la grana para Oaxaca. En: La grana y el carmín". Inédito.

15.- Herrera, Moisés.

"Los insectos útiles de Oaxaca. La cochinilla". Oaxaca nuestra causa común. 1983.

16.- Howard, R. Robert.

"Food safety". John Willey and Sons.
USA 1981.

17.- Jongh, O.

"Materias tintóreas indígenas".
Biblioteca del Museo de Antropología.

18.- Kent, James A.

"Biblioteca Riegel de química industrial".
Tomo IV.

19.- Kornbrust, D. y T.

"Testing of 24 food, drug, cosmetic and fabric dyes in the in vitro and the in vivo/ In vitro rat hepatocyte primary culture/ DNA repair assays. Environmental mutagenesis".
1985.

20.- Lloyd, A. G.

"Extraction and chemistry of cochineal". Food Chemistry.
1980.

- 21.- MacGregor, L.R.
"La grana cochinilla del nopal usada como colorante desde el México antiguo hasta nuestros días. Cactáceas y suculentas mexicanas". 1976.
- 22.- "Manual del cultivo de la tuna y cochinilla en Perú".
1985.
- 23.- Marmion, M. Daniel.
"Handbook of U.S. colorants for foods, drugs and cosmetics"
John Willey and Sons. 1984.
- 24.- Marshall, P.N.- Horobin, R.W.
"Simple assay procedure for carmine and carminic acid samples". Stain Technology. 1974.
- 25.- Meloan, Susan N.- Valentine, Linda S.- Puchtler, Holde.
"Structure of carminic acid and carmine". Histochemistry.
1971.
- 26.- Méndez, B. Adrián.
"Pasado y perspectiva de la grana *Dactylopius coccus*".
Museo Nacional de Artes e Industrias Populares. Instituto
Nacional Indigenista. 1989.
- 27.- Mottier, R.
"Cochenille, acide carminique et carmin". Revue de la con-
serve alimentation moderne.
1974.

28.- Nájera Gómez, Armando I.

"Los colorantes naturales en la industria alimentaria".
Estudio Monográfico. 1986.

29.- Nishihara-Iakamichi.

"Carminic acid from cochineals". Kagome Co. Ltd.
Japan. 1972.

30.- ONU.

"Métodos de ensayo toxicológico de los aditivos alimeta-
rios". Informe del comité mixto FAO/OMS de expertos en
aditivos alimetarios. Organización de las Naciones Unidas
para la agricultura y la alimentación. 1987.

31.- Piña Luján, Ignacio.

"La grana o cochinilla del nopal". Publicación de los La-
boratorios Nacionales de Fomento Industrial. 1977.

32.- Piña Luján, Ignacio.

Principales países productores de grana fina y algunos as-
pectos biológicos sobre la producción de este colorante".
Publicación de los Laboratorios Nacionales de Fomento In-
dustrial. 1979.

33.- "Proyecto para la producción comercial de grana cochinilla
del nopal en la Mixteca Alta y Valles Centrales del Estado
de Oaxaca". Gobierno Constitucional del Estado de Oaxaca.
1989.

- 34.- Revista de La Sociedad Química de México.
Núm. 5.
México, D. F. 1986.
- 35.- Riboh, M.
"Natural colors. What works... what doesn't".
Food Engineering. 1977.
- 36.- Riquelme, S. M.
"Química de los colorantes naturales y artificiales".
Tomo II. 1929.
- 37.- Salazar, R. G.
"Producción y comercialización de la grana cochinilla de
Oaxaca y condición social de los indígenas en la época de
La Colonia". CDL aniversario de la Ciudad de Oaxaca (1532
-1982). Imprenta Ríos. 1982.
- 38.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección Ge-
neral de Estadística Sectorial e Informática. Sistema de
Estadísticas de Comercio Exterior.
- 39.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Taller de
Formulación de las Normas Oficiales Mexicanas.
- 40.- Tostado, Conrado.
"El renacimiento de la cochinilla". México desconocido.
Núm. 132.
Oaxaca, Oax. 1988.