



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Handwritten: 15. Análisis Negro

OBTENCION DE ACEITE DE PALMA CHINA

"YUCCA FILIFERA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BILOGO

P R E S E N T A :

SARA ESTHER VALDES MARTINEZ



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

CLAS. TESIS 1979
ADG. U.T. ~~346~~ ~~352~~ 349
FECHA _____
PROC. _____



PRESIDENTE: ENRIQUE GARCIA GALEANO PEREZ
VOCAL: EMILIO BARRAGAN HERNANDEZ
SECRETARIO: ALEJANDRO GARDUÑO TORRES
1er. SUPLENTE: FIDEL FIGUEROA MARTINEZ
2do. SUPLENTE: MIGUEL HERNANDEZ INFANTE



Sitio en que se desarrolló el tema: LABORATORIO 202, FACULTAD
DE QUIMICA.

Sustentante: SARA ESTHER VALDES MARTINEZ

Asesor: ENRIQUE GARCIA GALEANO PEREZ.

I N D I C E

CAPITULO I	
Introducción	1
CAPITULO II	
Generalidades	4
CAPITULO III	
Estudio de la Semilla y del Aceite de Palma China	19
CAPITULO IV	
Pasos a Seguir en la Obten- ción de Aceites Comestibles	23
CAPITULO V	
Limpieza y almacenamiento - de la semilla	26
CAPITULO VI	
Molienda de la Semilla	30
CAPITULO VII	
Desgomado y Neutralización	49
CAPITULO VIII	
Decoloración	69
CAPITULO IX	
Deodorización	83
CAPITULO X	
Método Propuesto	94
CAPITULO XI	
Conclusiones	108
Bibliografía	110

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la actualidad, el crecimiento demográfico ha provocado una serie de problemas que requieren solución inmediata. Uno de estos problemas es el referente a la alimentación, el cual trata de resolverse buscando nuevas fuentes de abastecimiento y aprovechando integralmente las ya existentes.

En México, la extensión territorial está abarcada en casi un 50%, aproximadamente 996,222 Km², por zona áridas o semiáridas. Estas zonas, en las cuales la precipitación pluvial anual es muy baja, abarcan desde la frontera Norte del país (32°42'1.N.), hasta la región central Norte hacia el Sur (22°1.N.). Como resultado de la baja precipitación pluvial, éstas zonas están pobladas por fauna y flora desérticas, las cuales poseen mecanismos bioquímicos especiales para sobrevivir bajo las condiciones extremas a que están expuestas (temperaturas extremas, carencia de agua, tolvaneras, heladas etc.). Estas mismas condiciones no solo limitan la fauna y flora, sino el trabajo para los habitantes de estos lugares, que representan un 13% de la población del país.

Con objeto de aprovechar racionalmente la flora y fauna desérticas, se han realizado diversos estudios, los cuales aprovechan los avances tecnológicos a su favor. Algunos de estos estudios han estado a cargo de la Comisión Nacional de Zonas Aridas (CONAZA), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CO NACYT), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Uno de esos estudios es el referente al "Aprovechamiento Integral-

de la Carnaza del Dátil de la Palma China".

La Palma China (*Yucca filífera*), es una planta desértica que tiene un rendimiento anual de dátil de 50 a 200 Kg por hectárea, ya que la floración se produce cada dos años. La recolección del dátil en una temporada se eleva a 200 toneladas, la recolección del fruto puede proporcionar trabajo a los habitantes de la zona en que se lleve a cabo. El objeto del presente estudio es la semilla del dátil de la Palma China. La semilla representa el 30% del peso del fruto lo que nos daría 60 toneladas de semilla por temporada.

La semilla de la Palma China tiene la siguiente composición:

Componente	Porcentaje
Sarsasapogenina	7 - 10%
Aceite	18 - 27%
Proteínas	11 - 15%
Cenizas	1.96 - 1.98%
Fibra y CHO	49 - 52%

El contenido de aceite en la semilla es comparable con el obtenido de otras semillas oleaginosas como: algodón con un 40%, ajonjolí con un 30%, girasol con un 35%, nabo con un 45% etc.-

Después de extraer la sarsasapogenina de la torta residual tras la extracción del aceite, ésta última puede emplearse como forraje para la alimentación animal. La sarsasapogenina, es un esteroide que puede emplearse como materia prima en la industria farmacéutica.

El objetivo principal del presente trabajo, es el analizar el aceite y proponer una extracción del mismo a nivel industrial así como su refinación. Al complementar el presente trabajo con el del "Aprovechamiento de la Carnaza.." se logra, el proponer el aprovechamiento integral del dátil de la Palma China, que es

el utilizar un recurso ya existente.

Un objetivo secundario del presente trabajo es proponer - una fuente de trabajo para los habitantes de la zona donde existe la Palma China, pudiéndose obtener como facilidad además el realizar estudios que engloben en su totalidad a la planta y al fruto de Palma China y estudiar otros posibles usos de la misma.

CAPITULO II
GENERALIDADES

El género *Yucca* es uno de los once géneros de los que se compone la tribu *Yuccas*, familia liliáceas.

Etimología: *Yucca* (voz haitina) y filífera del latín (que lleva hilos). Recibe varios nombres: Izote en el Valle de México, Palma corriente en Querétaro, Palma China en San Luis Potosí y Palma Grande en Coahuila.

La *Yucca filífera*, es una árbol que llega a medir hasta--10m., con tronco más o menos cilíndrico y diámetro de 30 a 60-cm. y 80 cm. en ejemplares maduros, llegando a medir en algunos casos hasta 180 cm., el tronco está ligeramente ensanchado en la base, su corteza es de color café grisáceo en el exterior y café rojizo en el interior, es áspera, rasgada transversal y -longitudinalmente figuran rectángulos muy irregulares. Es una de las pocas plantas mococotiledóneas que presentan cambium y -en consecuencia crecimiento en grosor.

El tallo de la Palma China se ramifica en brazuelos que -suelen ser de 2 a 10, llegando raras veces a ser 40. Las hojas verdes se agrupan en un penacho de forma esferoidal, por debajo de estos las ramas pueden o no estar revestidas por hojas--secas.

Las hojas tienen forma linear ablancoada de 55.5 cm. de longitud por 3.6 cm. de ancho, constreñidas cerca de la base y rematadas en una espina muy aguda, generalmente son rígidas y -ásperas en ambos lados, ligeramente cóncavas, de color verde -oscuro, sus bordes son café rojizo con numerosos filamentos -espiralados de color blanco facilmente quebradizos, ésto es mas

notable en hojas jóvenes.

Tiene inflorescencia en panícula de forma mas o menos cilíndrica de hasta 150 cm. de longitud, hay pocos ejemplares con la panícula erecta, glabra o escasamente pulverulenta. Sus flores miden de 8 a 11 cm. cuando están abiertas completamente, - son de color blanco crema, pediceladas; pedicelos de 2.7 cm. - como máximo, glabros o escasamente pulverulentos, con pétalos- de 4.5 a 5.5 cm. de longitud por 1.0 a 1.0 cm. de ancho. Las-- flores se producen en grandes panículas con una envoltura de-- seis segmentos, seis estambres y un ovario súpero.

El fruto es una cápsula de 5 a 9 cm. de longitud de forma más o menos cilíndrica. Las semillas son numerosas, planas y-- están en el centro acomodadas en seis hileras. Al desprenderse el fruto se lleva consigo el pedúnculo, conservándolo hasta la maduración. El periodo de floración se inicia a fines de abril y termina a fines de mayo, siendo ésta y la fructificación mas o menos uniformes en toda el área de distribución, pero no en la planta, algunas ramas están en plena floración, mientras -- que otras la inician y otras apenas empiezan a fructificar. Parece ser que las ramas que florecen un año al año siguiente no florecen. Lo anterior sucede cuando la planta ha alcanzado su máximo desarrollo (25 a 30 años). La fructificación está sujeta a las fluctuaciones que presenta la floración, generalmente es de junio a agosto.

La polinización de *Yucca filifera*, se lleva a cabo por medio de un microlepidóptero de hábitos nocturnos, del género *Tegiticula mexicana*, que presenta cinco estadios larvales y una generación al año. Los adultos de *T. mexicana* emergen durante la floración de la *Yucca* y abarcan aproximadamente 6 meses.

En los frutos de *Y. filifera* viven además de la larva polinizadora, larvas de otra mariposa nocturna y de un heminóptero llamado *Shiaulax salvinii*, éste lleva a cabo todo un ciclo biológico dentro de las semillas, saliendo del fruto solo cuando se encuentra en estado de imago.

La raíz de la Palma China es fibrosa y se extiende profundamente en el suelo para dar estabilidad al tallo.

La Palma China crece en clima árido, con variaciones de temperatura, precipitaciones de tipo torrencial y estaciones húmeda y seca bien definidas. La temperatura anual media es de 16.5 - 21°C, con temperaturas máximas entre 41 y 44°C y mínimas de 12 a - 3°C. Las heladas se presentan de noviembre a marzo y son de 10 a 42. La precipitación pluvial varía de 365 a 643 ml. La mayor precipitación pluvial ocurre entre mayo y octubre; -- también se observan dos máximas bien definidas, una en junio o julio y la otra en agosto o septiembre. Hay lluvias ligeras ocasionales de diciembre a febrero. Los vientos son moderados, -- solo en un periodo que es casi siempre en febrero, hay tolvaneras. En época calurosa son frecuentes los remolinos de convección. El mejor desarrollo lo presenta en altitudes de 1,000 a 1,800 m. sobre el nivel del mar.

Las semillas de *Y. filifera* presentan entre un 80 y 90% de germinación, pero la viabilidad llega a un 48%, a pesar de la gran cantidad de semilla, el número de plantas que se logró es muy bajo. La escasez puede deberse a la falta de agua, por la irregularidad de las lluvias y el daño causado por los roedores.

El suelo en que crece la Palma China es de un color que varía del café al gris, con tonalidades claras. En los suelos-

someros predomina el color gris, la textura puede ser desde arcillosa hasta la de migajón arenoso. El pH varía entre 7.4 y 9.1, siendo el óptimo de 7.4 a 8.4. Los carbonatos totales van de 1 a 46.5%, la materia orgánica de 0.25 a 4.75%, siendo mas bajo en suelos con contenido alto de arena (50 a 55%), el contenido de óxido de silicio está entre 12.4 y 63.4%, habiendo cierta relación del contenido de fracciones gruesas (arena y limo) con el contenido de silicio.

La Palma China está en localidades que presentan suelos con drenaje deficiente y conductividad eléctrica de 2.2 a 23 mmhos a 25°C, valor clasificado como altamente salino, creciendo por lo tanto en estos suelos solo plantas halófilas.

Y. filifera se asocia con algunas especies como: *Acacia constricta*, *Celtis pallida*, *Coldenia canascens*, *Condalia mexicana*, *Flourensia cernua*, *Koeberlenia spinosa*, *Larrea divaricata*, *Lycium berlanduri*, *Mimosa biuncifera*, *Opuntia leptocaulis*, *Prosopis juliflora* y *Zinia pumila*.

En el material desértico rosetófilo, Y. filifera se localiza en las porciones bajas de los cerros clizos (abanicos aluviales) asociada con: *Agave lechugilla*, *Casis wilinzini*, *Echinocactus biznaga*, *Fouquieria campanulata*, *Hechtia glomerata*, *Karwinskia mollis*, *Krameria cystisoides*, *Larrea divaricata*, *Mimosa zygophylla*, *Opuntia micodasys*, *Opuntia stenopetala*, *Yucca carnerosana* y otras.

En el matorral submontano Y. filifera está aislada en las partes bajas de los abanicos aluviales entre las poblaciones de *Heletta parvifolia*; en el mezquital extradesértico está como componente del estrato de eminencias asociadas con *Prosopis juli*

flora, *Celtis pallida*, *Koberlina spinosa*, *Opuntia imbricata* y otras.

En el estado de Nuevo León se asocia con: *Acacia amantanea*, *Bumeleaspiniflora*, *Acacia berlandieri*, *Warwinskia Humoldtiana*, *Leucophyllum texanum*, *Eysenhardtia texana*, *Sophora secundiflora* y *Zantoxylum fagara*.

En el estado de Coahuila con: *Agave lechugilla*, *Forestura angustifolia*, *Opuntia lindheimeri*, *Citharexylum berlandieri*, *Bumellia lanuginosa*, *Lycium berlandieri*, *Microhammus ericoides*, *Eysenhardtia texana*, *Condalia*, *Leucophyllum minus*.

Los usos de la Palma China son varios:

1.- Como comestibles para humanos en dulces, licores, vinagres obtenidos de las flores y frutos.

2.- Del tejido esponjoso de los troncos se confeccionan sudaderas para el aparejo de animales.

3.- El tronco se usa en la construcción de chozas.

4.- Del tronco se obtiene almidón que permite hacer engrudo para algunas telas.

5.- Es un buen alimento para lechones, en baja cantidad mezclado con salvado, recibe el nombre de "Tonificados de Cardos".

6.- Los residuos son igualmente utilizables, las máquinas de las fábricas almidoneras extraen como máximo un 20% de almidón. Las raíces tienen de 25 a 28%, esa diferencia que queda en el residuo se filtra y separa, queda una especie de masa que puede emplearse como forraje.

7.- Producción de celulosa, en México no se extrae la celulosa, se importa. Las fibras de la pulpa tienen resistencia,

flexibilidad, suavidad, peso y propiedades para teñido de papel.

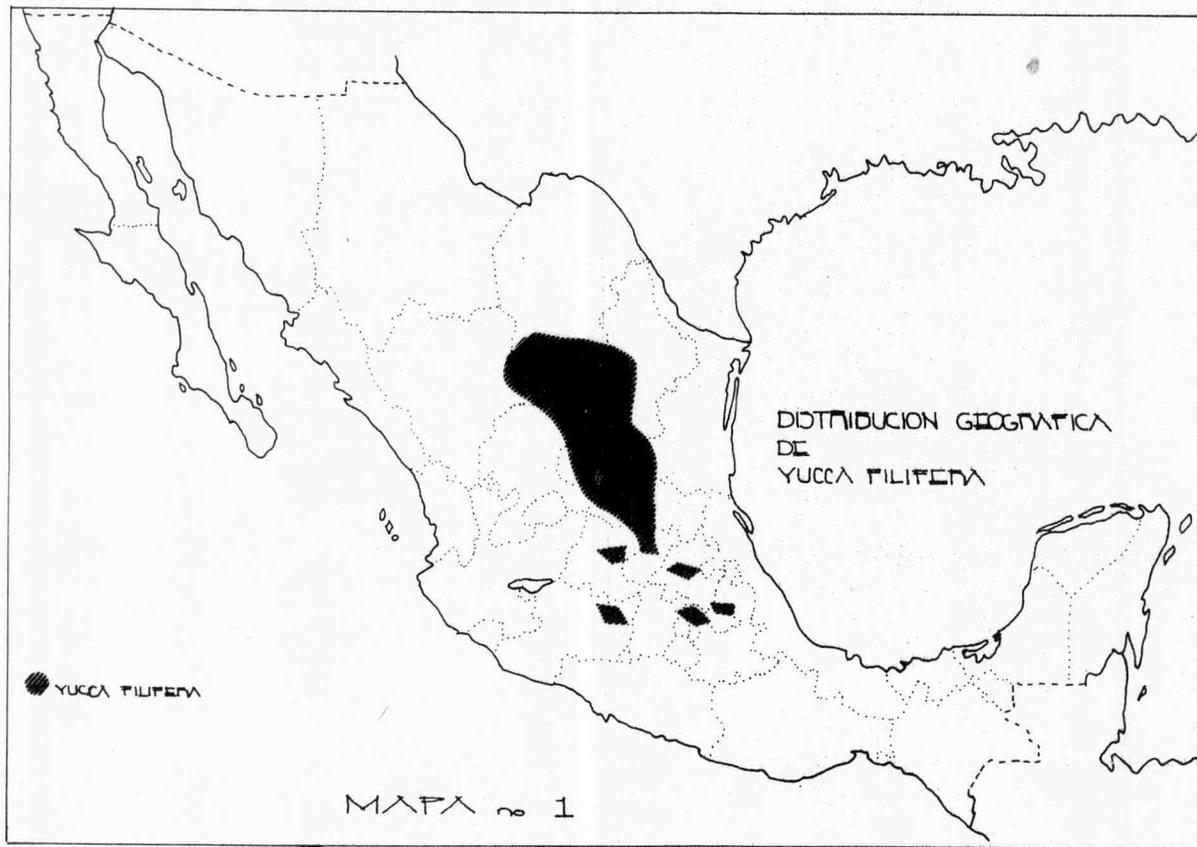
La Palma China está distribuida en el Sur de Coahuila, centro y Sur de Nuevo León, Suroeste de Tamaulipas, Norte de Zacatecas, Centro y Norte de San Luis Potosí, algunas zonas del Estado de Querétaro (Arroyo Seco, Vizarrón), Estado de México -- (Sierra de Guadalupe, San Juan Teotihuacán y Otumba). Tlaxcala, Puebla y en el Sur o Este de Baja California.

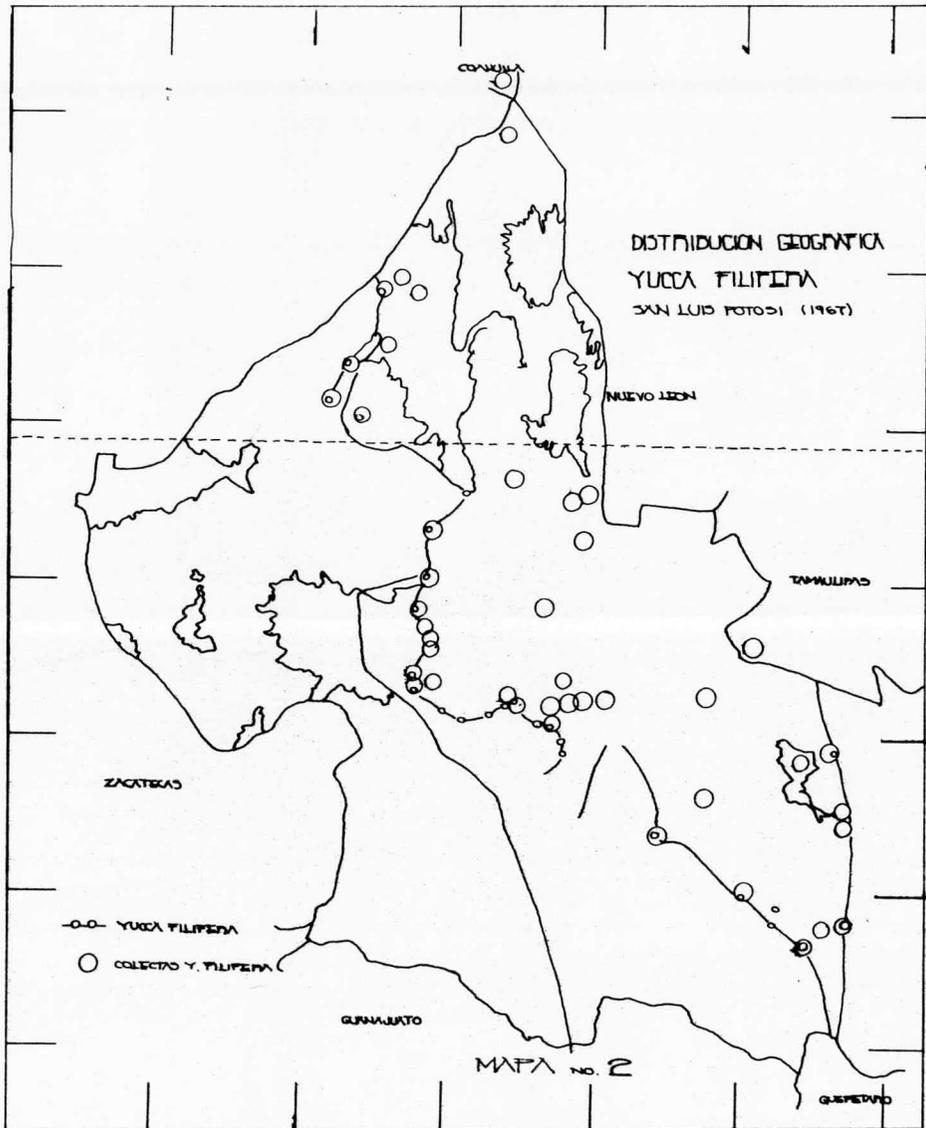
Algunos centros de recolección con potencial de producción son:

<u>NOMBRE</u>	<u>ESTADO</u>
Hacienda de Guadalupe	Coahuila
Ciénaga de Flores	Nuevo León
Gomez Farías	Coahuila
La Paz	Nuevo León
Estación de Ventura	Coahuila
Cedros	Zacatecas
Pardita	Zacatecas
El Salado	San Luis Potosí
El Canelo	Nuevo León
Trueba	San Luis Potosí
Mahoma	Zacatecas
Catorce	San Luis Potosí
Matehuala	San Luis Potosí
Estación Berrenda	San Luis Potosí
Estación Charcas	San Luis Potosí

En los mapas # 1 y # 2, se ubica el area poblada por Yucca filifera, los centros seleccionados se encuentran en esta zona. Bajo el area de influencia de los centros de recolección, hay aproximadamente 66 ejidos situados en forma radial a los centros de recopilación, con el objeto de reducir las distancias que los campesinos deban recorrer para la recolección y la entrega del dátil.

En el País hay 1.5 millones de hectáreas pobladas de Yucca de las cuales 850 mil son economicamente explotables con un rendimiento de 50 a 200 Kg. de dátil por hectárea.



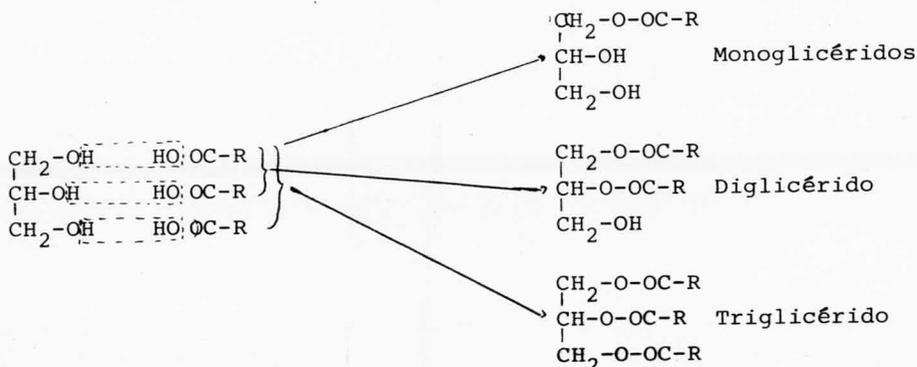


LOS ACEITES Y LAS GRASAS

Los aceites y las grasas, son un grupo de compuesto orgánicos de origen vegetal o animal, que tienen gran importancia en la alimentación, ya que son digeribles y empleados por el organismo humano, proporcionando un 33% de las energías diarias requeridas por un organismo. Son una fuente de energía abundante, proporcionan 9 cal/g, mientras que los carbohidratos y las proteínas proporcionan 4 cal/g.

Los aceites y las grasas están ampliamente distribuidos en la naturaleza, cualquier alimento los contiene, la mayor fuente de estos, la proporcionan los alimentos de origen animal; en vegetales y frutos están presentes en una proporción mucho menor, aquellos alimentos que no son ricos en aceites y grasas, contienen entre un 0.1 y un 1.0%, otros en cambio son ricos en estos, ejemplos son las semillas oleaginosas, nueces, aguacate y pistaches.

Las grasas y los aceites contribuyen a dar sensación de saciedad después de comer los alimentos, están formados por mezclas de ácidos grasos superiores esterificados a los grupos alcohólicos de la glicerina pueden estar esterificados por un mismo ácido graso o por distintos ácidos grasos, es mucho más común encontrar glicéridos mixtos a glicéridos esterificados por un solo ácido graso.



En la tabla # 1, se muestran los ácidos grasos que pueden esterificar los grupos alcohólicos de la glicerina.

Cuando las condiciones son favorables, los ácidos grasos esterificados a la glicerina en los mono- y diglicéridos, se encuentran en los extremos de ésta, a esto se debe que los productos sintetizados industrialmente tan solo se obtengan α -monoglicéridos y α, α' -diglicéridos.

La extracción de la fracción grasa de un alimento, se logra por medio de solventes orgánicos como: eter, eter de petróleo, benceno, cloroformo etc. La fracción grasa extraída por este medio se conoce como "grasa cruda", ya que además de grasa pura, se extraen otras sustancias solubles en solventes orgánicos, entre estas están: ceras, hidrocarbones, fosfolípidos, esteroides, hormonas, aceites vegetales, aceites volátiles, pigmentos y vitaminas liposolubles.

Las grasas y los aceites tienen como componentes mayores a los triglicéridos y como componentes menores a mono-, digli-

ACIDOS GRASOS MAS CORRIENTES EN ALIMENTOS

<u>Nombre usual</u>	<u>Nombre Sistemático</u>	<u>Fórmula Bruta</u>	<u>Se encuentra:</u>
<u>Saturados:</u>			
Acido Butírico	n-butanoico	$C_4H_8O_2$	mantequilla (2.5-4.5%)
Acido caproico	n-hexanoico	$C_6H_{12}O_2$	id. (1-2%)
Acido caprílico	n-octanoico	$C_8H_{16}O_2$	grasa de coco (6-8%)
Acido cáprico	n-decanoico	$C_{10}H_{20}O_2$	mantequilla, aceites de palma
Acido láurico	dodecanoico	$C_{12}H_{24}O_2$	mantequilla de laurel (88%)
Acido mirístico	tetradecanoico	$C_{14}H_{28}O_2$	aceite nuez palma (45-50%)
Acido palmítico	hexadecanoico	$C_{16}H_{32}O_2$	mantequilla de cacao (25-35%)
Acido esteárico	octodecanoico	$C_{18}H_{36}O_2$	sebo (30%)
Acido aráquico	eicosanoico	$C_{20}H_{40}O_2$	aceite de cacahuete
Acido behénico	docosanoico	$C_{22}H_{44}O_2$	aceites cacahuete y colza
Acido lignocérico	tetracosanoico	$C_{24}H_{48}O_2$	aceites cacahuete y colza
Acido cerótico	hexacosanoico	$C_{26}H_{52}O_2$	indicios en aceites vegetales
<u>Monoinsaturados:</u>			
Acido caproleico	-9.10-decenoico	$C_{10}H_{18}O_2$	mantequilla
Acido miristoleico	-9.10-tetradecenoico	$C_{14}H_{26}O_2$	aceites de pescado
Acido palmitoleico	-9.10-hexadecenoico	$C_{16}H_{30}O_2$	aceites de pescado
Acido petroselinico	-6.7-octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$	aceites de umbelíferas
Acido oleico	cis-9.10-octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$	en todos los aceites
Acido elaidico	trans -9.10-octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$	grasas hidrogenadas
Acido vaccénico	trans-11.12-octadecenoico	$C_{18}H_{34}O_2$	sebo (1-2%)
Acido eufórbico	-11.12-icosenoico	$C_{20}H_{38}O_2$	aceites de euforbiáceas
Acido erúcico	-13.14-docosenoico	$C_{22}H_{42}O_2$	aceites de crucíferas
Acido selacoleico	-15.16-tetracosenoico	$C_{24}H_{46}O_2$	aceites de pescado
Acidoximénico	-17.18-hexacosenoico	$C_{26}H_{50}O_2$	grasas de ximeniáceas

ACIDOS GRASOS MAS CORRIENTES EN ALIMENTOS

<u>Nombre usual</u>	<u>Nombre sistemático</u>	<u>Fórmula Bruta</u>	<u>Se encuentra en:</u>
<u>Di- o poli-insaturados:</u>			
Acido linoleico	-9.10-12.13-octadecadiénico	$C_{18}H_{32}O_2$	grasas vegetales
Acido linolénico	-9.10-11.12-15.16-octadecatriénico	$C_{18}H_{30}O_2$	aceite de linaza
Acido elaeosteárico	-9.10-11.12-13.14-octadecatriénico	$C_{18}H_{30}O_2$	aceite de madera de China
Acido parinárico	-9.10-11.12-12.14-15.16-octadecatri-enico	$C_{18}H_{28}O_2$	grasa de Parinarium
Acido araquidónico	-5.6-8.9-11.12-14.15-eicosa <u>tetra</u> énico	$C_{20}H_{32}O_2$	grasa animal de depósito
Acido clupanodónico	-4.5-8.9-12.13-15.16-19.20-docosapentaénico	$C_{22}H_{34}O_2$	aceites de pescados
Acido níscico	-4.5-8.9-12.13-15.16-18.19-21.22-tetracosapentaénico	$C_{23}H_{36}O_2$	aceite de sardina del Japón

Continuación Tabla # 1

céridos, fosfátidos, esteroides, alcoholes grasos, tocoferoles, ácidos grasos libres, vitaminas y pigmentos.

Durante mucho tiempo, la nutrición consideró que todas las grasas alimenticias eran iguales, siempre y cuando se asimilasen bien, no fué sino hasta la década de los 30, en que se observó que para que una rata tuviese piel y cabellos sanos requería algunos ácidos grasos a los que se les da el nombre de ácidos grasos esenciales, estos ácidos grasos son: araquidónico, linoleico y oleico, también se descubrió que se había en la --dieta el ácido araquidónico, el resto de los ácidos grasos e--senciales se sintetizan dentro del organismo.

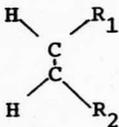
Para determinar que ácidos grasos están presentes en un--aceite o grasa y determinar así su calidad, existen varias formas: se puede realizar una hidrólisis de los glicéridos del a--ceite o grasa, para dejar en libertad a los ácidos grasos. Ya--separados, los grupos de los ácidos grasos se pueden identifi--car por su solubilidad en agua, volatilización con vapor, solubilidad en agua, volatilización con vapor, solubilidad de sus sales en agua y alcohol. Ningún ácido graso de mas de doce carbones es soluble en agua.

Los grupos de los ácidos grasos se pueden separar más, si estos son esterificados formando metil o etil esteroides, después de lo cual se pueden separar por medio de una destilación a --presión reducida, una cristalización por solventes a baja temperatura o por medio de una cromatografía de gases. El emplear el espectro infrarrojo de un aceite proporciona mucha información sobre la composición del mismo.

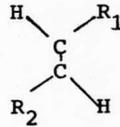
En la cromatografía de gases de un aceite o una grasa, los

esteres de los ácidos grasos se pasan por una columna que tiene un medio sólido y uno líquido en el que sean solubles los ácidos grasos. Se circula un gas, que puede ser helio, por la columna, éste remueve las partes. Los ácidos grasos mas volátiles fluyen primero, por tener un peso molecular menor (Ac. butírico C_4 , Ac. caproico C_6 , Ac. caprílico C_8 , Ac. cáprico C_{10}), los demás fluyen después, según sea su peso molecular. Cada ácido --graso presenta un tiempo de retención determinado.

Los ácidos grasos que aparecen en una grasa, tienen siempre un número par de carbonos, los cuales pueden estar o no saturados. Se dice que los aceites poliinsaturados son capaces de remover el colesterol, los ácidos pueden presentarse en forma cis o trans, en las grasas naturales solo se presenta el isómero cis y éste puede cambiar a trans si la grasa o el aceite se calientan, hidrogena o se pone en contacto con catalizadores.



Isómero Cis



Isómero Trans

Los aceites y las grasas, presentan una composición determinada, según la fuente de que provengan, en el caso de los aceites de origen vegetal, la composición variará según la tierra en que creció la planta, los abonos que se le agregaron, la cantidad de lluvia y la temperatura; en el caso de las grasas de origen animal, la composición varía según el tipo de alimentación que haya recibido el animal de que proviene.

Para poder caracterizar una grasa o una ceite y detectar adulteraciones, se determinan las propiedades físicas y químicas

cas de ellos.

PROPIEDADES FISICAS DE ACEITES Y GRASAS

1. Punto de fusión.- Las grasas no funden drásticamente, sino que se suavizan en un rango de temperatura, por esto no se aplica la técnica de determinación del punto de fusión. Este punto de fusión no es exacto, debido a las mezclas de glicéridos, isómeros en un aceite o grasa, lo que provoca haya varios puntos de fusión.

2. Densidad.- Se determina por métodos usuales, controlando la temperatura, ya que un cambio leve en ésta, provoca cambios notorios en estas muestras. La variación de la densidad entre aceites y grasas no son muy notorias. La temperatura se controla a 25°C, en el caso de aceites y 40° ó 60°C en el caso de grasas de alto punto de fusión.

3. Índice de refracción.- Este es el grado de deflexión de un rayo de luz, cuando pasa a través de un medio transparente a otro. Este índice ayuda a detectar la pureza del aceite y su identificación, para esta determinación se usa el refractómetro de Abbe, se controla la temperatura a 25°C si son aceites y a 40 ó 60°C en el de grasas. El índice de refracción baja al aumentar la temperatura, aumenta con el largo de la cadena de carbonos y el número de dobles ligaduras presentes en la cadena.

4. Punto de humeo.- El punto de humeo es la temperatura a la cual el aceite o grasa produce humo azulado, debido a la presencia de triglicéridos de bajo peso molecular. La prueba se lleva a cabo en un plato abierto, especificado por la Sociedad Americana para la "Prueba de Materiales", con el objeto de

poder ser reproducida con claridad.

5. Punto de flash.- El punto de flash es la temperatura a la cual, la mezcla de vapores con el aire producen un flamazo, al aumentar la temperatura arriba de 250°C.

6. Punto de ignición.- El punto de ignición es la temperatura a la cual, la mezcla de los vapores con el aire producen una ignición mantenida.

7. Punto de turbidez.- El punto de turbidez es aquella temperatura a la cual un aceite o grasa presenta turbidez al ser enfriado lentamente, después de haber sido calentado hasta completa disolución, en un solvente en el cual presente una solubilidad limitada. La turbidez es debida a que el aceite o grasa empieza a separarse del solvente. Cada aceite presenta un punto de turbidez en un rango de temperaturas determinado, ésta determinación sirve para detectar posibles adulteraciones.

PROPIEDADES QUIMICAS DE ACEITES Y GRASAS

1. Índice reichert Meissl.- Se define como el número de mililitros de un alcali 0.1N necesarios para neutralizar los ácidos grasos volátiles solubles en agua de una muestra de 5 g de aceite o grasa. Los ácidos grasos que se determinan con esta prueba son de 4 y 6 carbonos.

2. Número de Polenske.- El número de Polenske son el número de mililitros de un alcali 0.1N, necesarios para neutralizar los ácidos grasos volátiles insolubles en agua presentes en una muestra de 5g. de aceite o grasa.

Las dos determinaciones anteriores se pueden determinar en la misma muestra de aceite o grasa.

de la grasa. Es la medida de la insaturación de los ácidos grasos en una grasa.

6. Índice de acidez.- Este índice es el número de miligramos de Koh 0.1N requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de muestra. Se informa en ácido-oleico.

La producción mundial de aceites y grasas comestibles nos ayuda a observar la importancia que tienen estos como nutrientes en la dieta humana y animal. La tabla # 2, nos muestra la producción mundial entre 1965 y 1975, así como los datos estimados para 1980 y 1985.

TIPO DE ACEITE	1965	1970	1975	1980	1985
Soya	3.9	6.0	8.1	12.3	15.5
Cacahuete	3.4	3.3	3.1	3.4	3.4
Girasol	3.0	3.6	4.0	4.4	4.2
Algodón	2.7	2.5	3.2	3.5	3.7
Coco	2.1	2.1	2.5	2.8	2.9
Palma	1.3	1.7	2.8	5.2	7.2
Otros	2.5	2.8	3.2	4.3	4.6
Nabo	1.5	1.9	2.5	3.7	4.6
TOTAL	20.4	24.0	29.4	39.6	46.1

Tabla # 2. PRODUCCION TOTAL MUNDIAL DE ACEITES VEGETALES COMESTIBLES EN MILLONES DE TONELADAS.

Observando los datos de la Tabla # 2, es claro que se esperan incrementos notorios en la producción de aceites comestibles a nivel mundial.

La producción total mundial de aceites y grasas comestibles de origen vegetal, ha tenido un crecimiento acelerado en el último cuarto de siglo y se observa un crecimiento aún más acelerado hacia el futuro, según la Tabla # 2 y la Gráfica # 1.

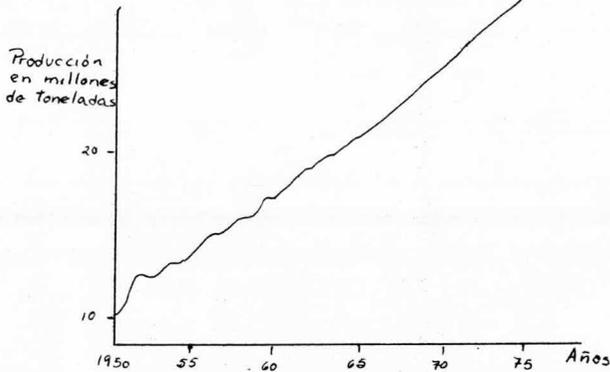
RESUMEN DE LA PRODUCCION TOTAL DE SEMILLAS OLEAGINOSAS Y GRASAS
ANIMALES EN MEXICO DE 1972 A 1978 (000 TONS.)

Semilla	Rendimiento %	1971/72		1972/73		1973/74		1974/75		1975/76		1976/77		1977/78	
		S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
Algodón	16.3	621.6	101.3	650.0	105.9	527.7	86.0	825.0	134.7	333.4	54.3	330.3	62.0	539.3	87.9
Ajonjolif	46.0	150.0	69.0	120.0	55.2	90.0	41.4	110.0	50.6	112.0	51.5	113.5	52.2	113.0	51.9
Copra, Coyol	60.0	125.0	75.0	140.0	84.0	110.0	66.0	130.0	78.0	134.5	80.7	137.9	82.7	139.3	83.5
Cacahuates Indio	30.0	4.0	1.2	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0	0.3
Cártemo	35.0	420.8	147.2	325.0	112.7	254.0	88.9	254.0	188.9	528.5	184.9	300.5	105.1	448.0	156.8
Soya	19.0	229.6	43.6	375.0	71.2	530.7	100.8	420.0	79.8	600.0	114.0	306.1	58.1	496.7	94.3
Linaza	40.0	30.0	12.0	10.0	4.0	10.0	4.0	11.2	4.5	21.8	8.7	12.6	5.0	19.9	7.9
Girasol	38.0	23.16	8.8	14.7	5.6	4.7	1.8	0.5	0.2	4.1	1.5	4.2	1.6	6.4	2.4
Nabo	30.0	6.0	1.8	6.0	1.8	6.0	1.8	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5
Maiz	46.0	-	-	7.5	3.4	7.5	3.4	8.0	3.7	8.0	3.7	8.0	3.7	8.0	3.7
Total		459.9		446.3		395.6		443.4		501.1		374.2		490.2	
Grasas Animales															
Manteca de Cerdo		142		134		120		120		1390		130		135	
Sebo		<u>43</u>		<u>44</u>		<u>47</u>		<u>44</u>		<u>45</u>		<u>45</u>		<u>45</u>	
Total		185		178		167		164		175		175		180	
Gran Total		664.9		624.3		562.6		607.4		676.1		549.2		670.2	

S = Semilla

A = Aceite

TABLA # II



Gráfica # 1. FORMA GLOBAL DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCCION DE ACEITES VEGETALES EN EL MUNDO DE 1950-1975.

Existen tres factores que influyen en la producción de oleaginosas que son: a) Facilidad, nobleza y rendimientos en el campo. b) Rendimientos de productos y subproductos. c) Aceptación por el consumidor y necesidades de consumo.

En México, la producción de oleaginosas ha sido variable, tendiendo a substituir una oleaginosa la producción de otra en algunos ciclos agrícolas, la producción global casi no se afecta, ni ha aumentado significativamente, lo que hace que aumenten los déficits.

La producción de aceite y grasas de origen vegetal y animal semuestran en la Tabla # 3, desde 1971 a 1978. La producción mundial de aceites y grasas presenta una contribución relativamente baja o comparada con aceites, de grasas de origen animal, las estadísticas para el año de 1975 son:

<u>GRUPO</u>		<u>MILLONES DE T.M.</u>
1. Grasa butírica		5.2
Manteca de cerdo	Comestibles	3.1
Aceite de pescado		1.0
2. Sebos y Grasas	Algunos no comestibles	5.0
	TOTAL	14.3

CAPITULO III
ESTUDIO DE LA SEMILLA Y DEL ACEITE DE PALMA CHINA

Antes de someter a un proceso una determinada materia, es necesario conocer sus propiedades, con el objeto de poder predecir las características del producto final y la forma en que esta se comportará durante el proceso o procesos a que sea sometida. En este caso interesa el estudio de la semilla de Palma China, principalmente el aceite que de ella se obtiene.

La composición del dátil de la Palma China promedio es:

<u>COMPONENTE</u>	<u>PORCENTAJE</u>
Semilla	30.56%
Carnaza	62.5%
Fibra cruda	6.94%
Más del 50% del dátil está compuesto por la carnaza	

o pulpa del mismo, el análisis de ésta pulpa mostró que el contenido de Carbohidratos de la misma es muy elevado, estos carbohidratos pueden ser empleados en la obtención de dulces, bebidas alcohólicas, biomasa y vinagre.

El análisis en base seca de la carnaza del dátil es:

<u>COMPONENTE</u>	<u>PORCENTAJE</u>
Proteínas	3.03%
Grasa	0.54%
Cenizas	4.16%
Fibra cruda	6.25%
Carbohidratos	86.02%

En general, la carnaza de Palma China contiene entre un 75% y un 82% de carbohidratos, estos están distribuidos en la siguiente forma:

<u>CARBOHIDRATO</u>	<u>PORCENTAJE</u>
Glucosa	16.7 - 18%
Fructosa	37.0 - 41%
Otros azucares	21.3 - 23%

La semilla de Palma China representa un 30% del peso del dátil, el análisis de la semilla arrojó los siguientes resulta

dos:

COMPONENTE	PORCENTAJE
Sarsasapogenina	7 - 10 %
Fibra y Carbohidratos	49 - 52 %
Aceite	18 - 27 %
Proteínas	10 - 11.5%
Cenizas	1.96 - 1.98%

La composición de la semilla nos indica el alto contenido de aceite en la semilla y el de la sarsapogenina, un esteroide que puede aislarse fácilmente de la semilla por encontrarse solo, sin estar mezclado con otros esteroides.

La sarsasapogenina puede aislarse al tratar las semillas con HCl diluido, ya que se libera de los glucósidos a que la contienen. El esteroide puede purificarse posteriormente con hexano y dá un rendimiento aproximado del 8%. En la Figura # 1, se -- presenta la reacción de hidrólisis de la sapogenina para obtener la sarsasapogenina.

El esteroide obtenido de la semilla puede convertirse en un derivado del pregnano de 21 átomos de carbono (pregnelona), eliminando la cadena lateral espirotánica, como se muestra en la Figura # 2.

La sarsapogenina es materia prima importante en la industria farmacéutica por poder convertirse en varias hormonas y - estrógenos. Los procesos de síntesis se muestran en la Figura # 3.

El aceite representa de un 18 - 27% de la semilla que presenta las siguientes características:

Indice de acidez	0.24 en ácido oleico
Indice de saponificación	191.9 mg de KOH/g
Materia insaponificable	1.1%
Indice de Yodo	135.39 mg de I ₂

El contenido de ácidos grasos se determinó por medio de una cromatografía de gases y la distribución encontrada es la siguiente:

<u>ACIDO GRASO</u>	<u>PORCENTAJE</u>
Palmítico	11.8 %
Esteárico	1.4 %
Oleico	29.3 %
Linoleico	52.4 %
Otros	14.1 %

El análisis de la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite, se llevó a cabo por cromatografía de gases en una columna con 15% DEGS en Chromosorb W AW DMCS de dimensiones 2 m x 3 mm, de acero inoxidable a una temperatura de 170°C en la columna, 200°C en el inyector y 200°C en el detector. Se emplearon para la determinación, una mezcla de patrones de metilo, oleato de metilo y linoleato de metilo.

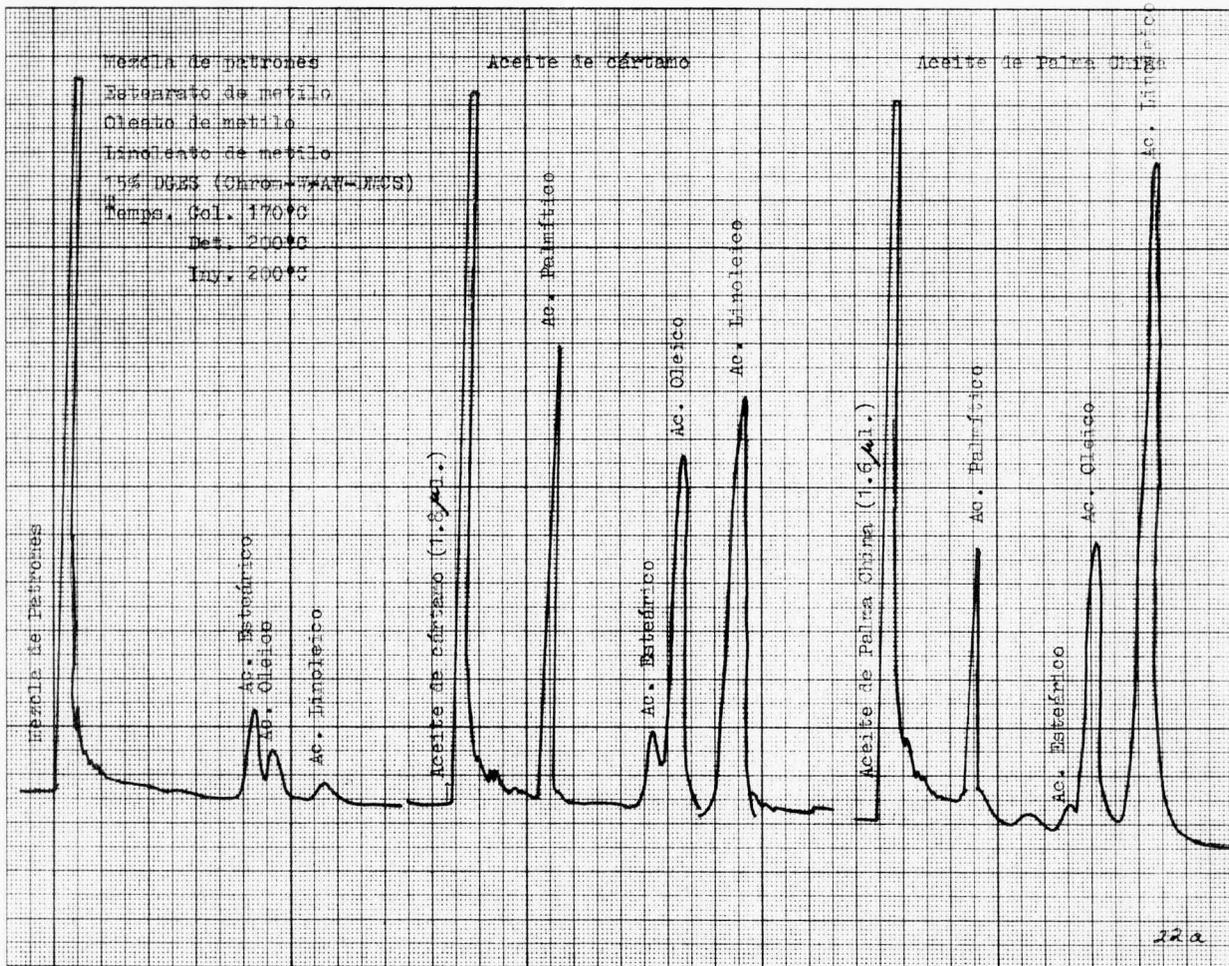
En la Figura # 4 a,b,c y d, se muestran las cromatografías del aceite de Palma China, la mezcla de patrones y una de aceite de cártamo, ésta última se realizó con el objeto de hacer una comparación del aceite de cártamo con el de Palma China, debido a que el primero es uno de los aceites que tienen mas aceptación por el consumidor en México.

La composición del aceite de cártamo es la siguiente:

Acido mirístico	0.1 %
Acido palmítico	6.7 %
Acido esteárico	2.7 %
Acido oleico	12.9 %
Acido linoleico	77.5 %
Acido araquidónico	0.5 %
Acido elicosenoico	0.5 %
Indice de Yodo	143.0 mg de I ₂
Indice de saponificación	190.0 mg de KOH/g

Si se hace una comparación de la composición del ácido de cártamo con el de Palma China, se puede observar que hay algu-

nas diferencias que no se pueden considerar de gran importancia, los índices de Yodo y saponificación son bastante similares, - así como el contenido de los ácidos grasos esenciales.



Mezcla de Patrones

Estearato de metilo

Oléato de metilo

Linoléato de metilo

15% DCBS (Chrom-W-A7-D#05)

Temp. Col. 170°C

Det. 200°C

Iny. 200°C

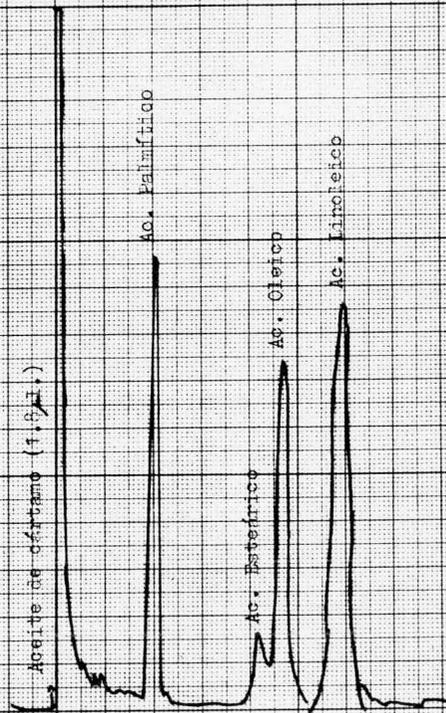
Mezcla de Patrones

Ac. Estéarico

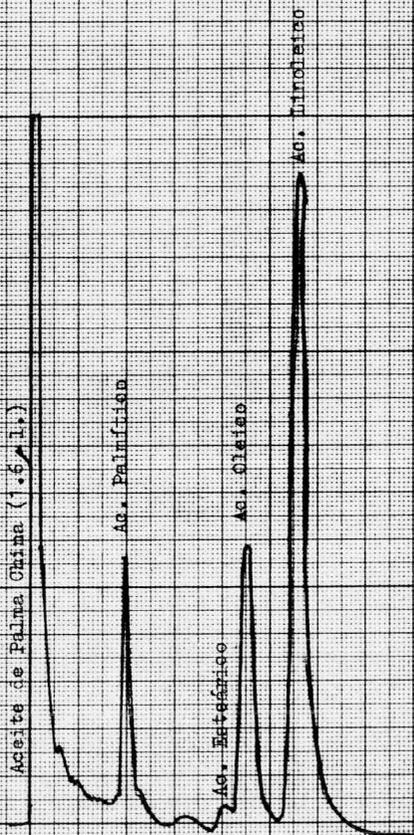
Ac. Oléico

Ac. Linoléico

Aceite de cártamo.



Aceite de Palma China



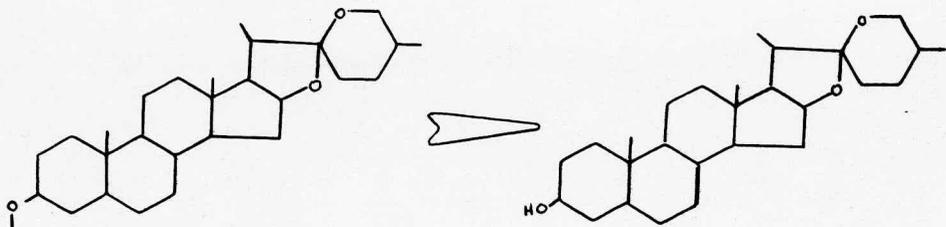


Fig #1

Figura # 1

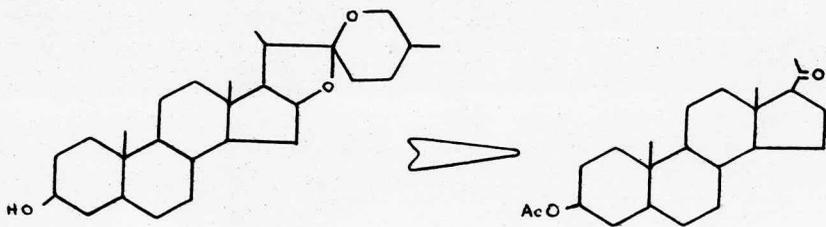


Figure # 2

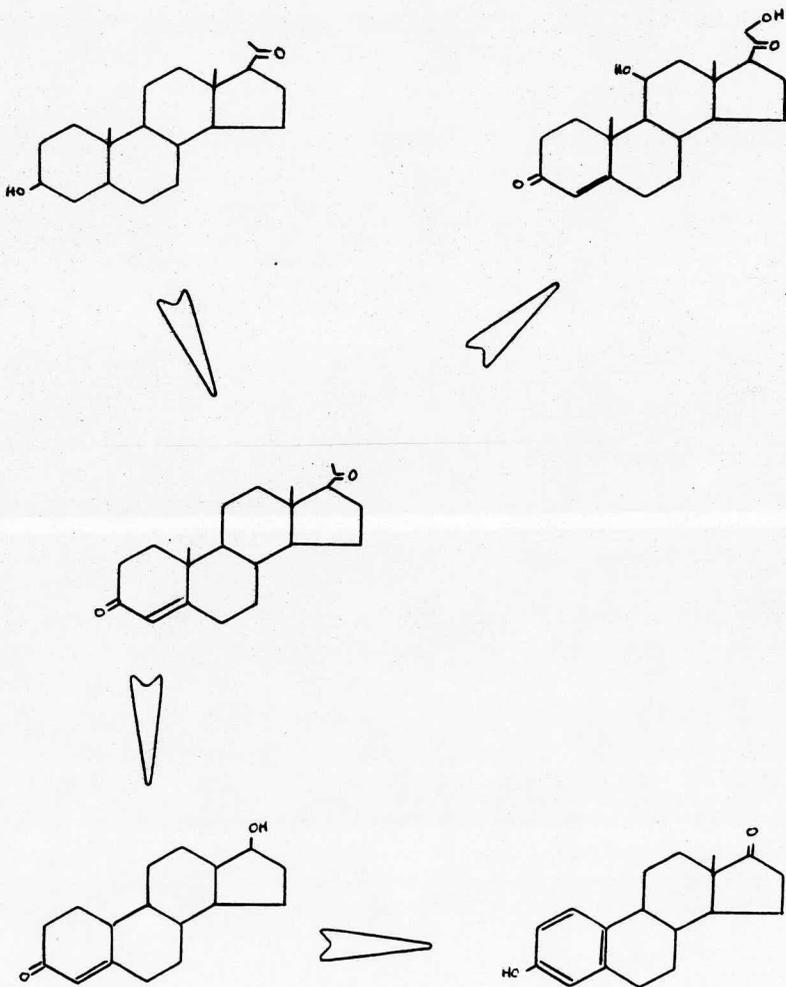


Figure # 3

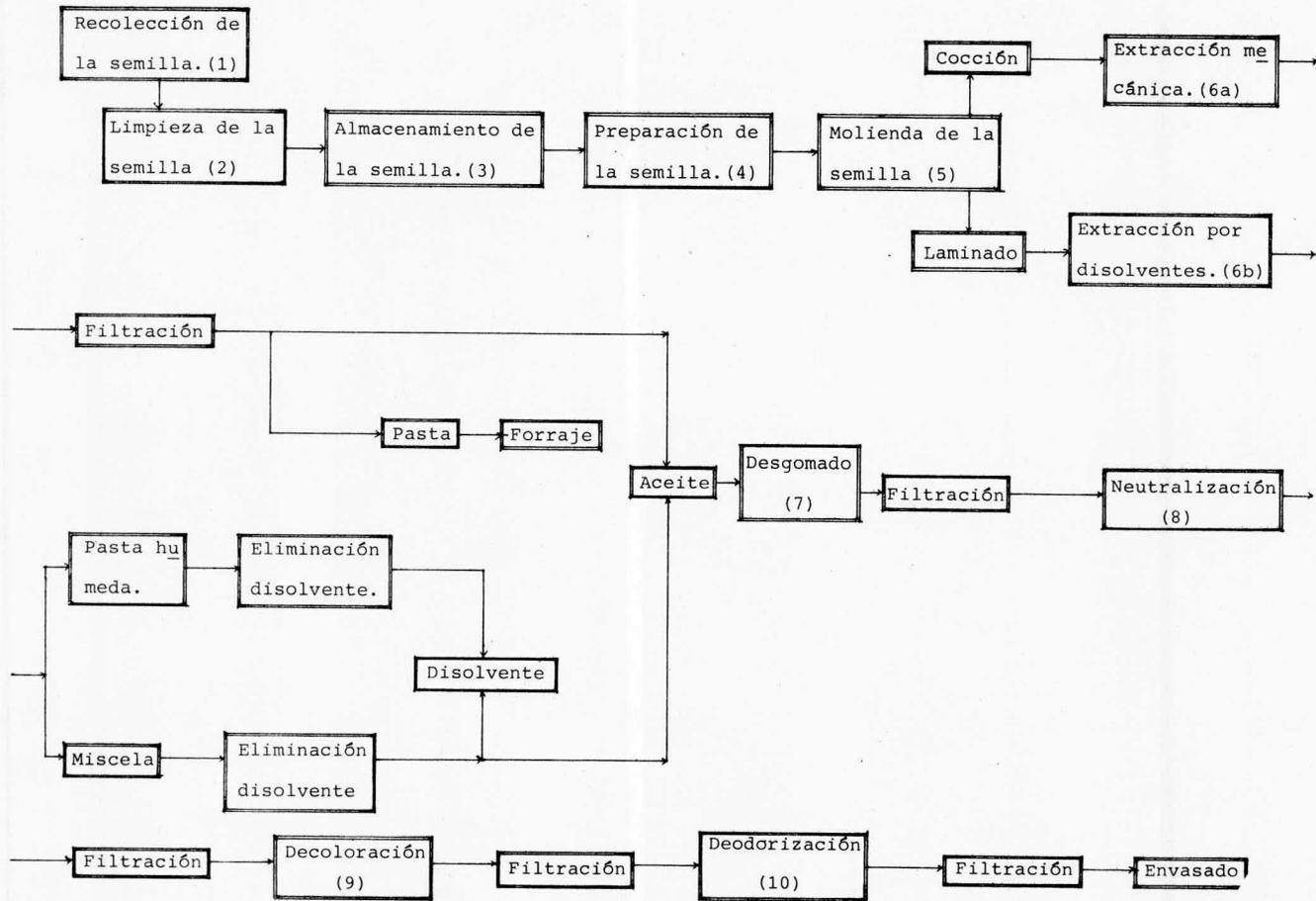
CAPITULO IV
PASOS A SEGUIR EN LA OBTENCION DE ACEITES COMESTIBLES

Los aceites comestibles se obtienen a partir de semillas oleaginosas. Las transformaciones que van sufriendo desde encontrarse en la semilla y los procesos a que se someten estando fuera de ellas, les van proporcionando las condiciones que requieren para poder emplearse en consumo humano.

Para que se obtenga un aceite de la mejor calidad, es necesario controlar tanto la materia prima (semillas), como las variables de cada uno de los procesos a que serán sometidos los aceites. A continuación, se muestra un diagrama de bloques con los pasos que hay que seguir para obtener un aceite. Diagrama # 1.

En seguida se describe un poco cada uno de los puntos del diagrama de bloques:

1. La recolección de la semilla, puede hacerse manualmente o con el uso de maquinaria especializada.
2. La limpieza de la semilla sirve para separarla de las impurezas que trae consigo: carnaza, hierba, piedras, insectos, semilla, semilla dañada y polvo. Esto suele hacerse por medios mecánicos o por medio de equipo que logra la separación por diferencias de color.
3. El almacenamiento debe hacerse en instalaciones adecuadas, controlando temperatura y humedad. Usualmente se recibe mas semilla de la que puede ser procesada, por lo que requiere ser almacenada, esto se hace después de haber sido limpiadas, ya que en caso contrario se puede dañar irremediablemente la



semilla y como consecuencia el aceite.

4. La preparación de la semilla es importante para obtener en la extracción mayores rendimientos, la preparación consiste en el descascarillado de la semilla.

5. La molienda de la semilla debe realizarse, ya que ha podido demostrarse que la eficiencia de la extracción depende del tamaño de la partícula, sin importar el tipo de extracción que se vaya a seguir.

6. La extracción del aceite de la semilla puede realizarse en dos formas y según sea el proceso que se seguirá serán los tratamientos anteriores a que se someterán:

a) Extracción mecánica, se realiza por aplicación de presión sobre las partículas de semilla, después de haber aplicado un proceso de cocción que favorece la extracción. La extracción obtenida no es completa.

b) Extracción por disolventes, la extracción es mucho mas completa, el pretratamiento que se le dá es un laminado que permite una mayor superficie de extracción, al final del proceso se requiere una eliminación total del disolvente empleado.

Sin importar el tipo de extracción empleado se lleva a cabo una filtración o decantación, para eliminar impurezas y agua.

7. El desgomado se aplica a aceites con el objeto de eliminar las gomas presentes en ellos (mucílagos), se realiza antes de la neutralización con el objeto de evitar pérdidas altas en está última, ya que además puede causar problemas en los pasos posteriores del refinado de los aceites.

8. La neutralización ayuda a eliminar los ácidos grasos libres que se encuentran presentes en todo aceite crudo. Se eli

minan transformándolos en jabones insolubles, esto se hace usualmente por un tratamiento con alcali y posteriormente una filtración.

9. La decoloración consiste en remover del aceite todas aquellas sustancias que le dan color, así como también eliminar las huellas del jabón y otras impurezas que pueda haber en suspensión, después de lo cual se lleva a cabo una filtración.

10. La deodorización es el último proceso a que se someten los aceites, se aplica con el objeto de eliminar aquellas sustancias que le proporcionan sabores desagradables.

Antes de que el aceite sea envasado, usualmente se almacena en grandes tanques, con el objeto de que se vayan al fondo las impurezas que puedan quedar, así como el agua que se encuentre en él.

El tipo de proceso aplicado en cada punto del diagrama, - varía dependiendo del tipo de semilla que se emplee, de la calidad de ésta y basicamente de la calidad del aceite que se desea obtener. La determinación final de el tipo de proceso y de las condiciones del mismo se selecciona después de un análisis de los resultados de rendimientos experimentales de cada uno de los procesos propuestos, primero a nivel laboratorio y después en planta piloto.

CAPITULO V LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA

Para poder obtener un aceite de la mejor calidad con los mayores rendimientos, la materia prima de que se parta deberá estar libre de contaminaciones, daños e impurezas, lo cual se logrará por medio de una selección adecuada de ella.

La separación de la semilla del dátil, se lleva a cabo -- por una máquina que corta el dátil y lo golpea para separa la semilla, pasando después por un sistema de cribas que separa la carnaza de la semilla, la cual queda con porcentaje de impurezas formadas principalmente por piedras, astillas, pedazos de metal, semillas deterioradas, restos de carnaza y hierbas. Las impurezas pueden eliminarse por medio de los métodos siguientes:

a) Mesa de gravedad (mesa de aire).- Esta mesa separa en seco la semilla de sus impurezas ya sea por diferencias en forma, tamaño o densidad. La semilla con impurezas se hace pasar sobre una cubierta porosa que posee pendientes de dos sentidos y un movimiento vibratorio. La semilla se coloca en una tolva que alimenta a la parte angosta de la cubierta en forma trapezoidal. El aire con baja presión, fluye hacia arriba, haciendo que la semilla se distribuya según su facilidad de moverse. Las partículas de velocidad media se irán por la zona media.

b) Máquina separadora por color. Esta máquina posee un mecanismo electrónico que diferencia a la semilla de las impurezas por medio de un patrón cromático, que separa a la semilla útil de la impureza por medio de un disparo controlado de un chorro de aire sobre la impureza. La máquina posee también una cámara óptica para limpieza automática, por medio de aire comprimido que elimina el polvo. Esta máquina deja a la semilla--

con un mínimo de impurezas pero su capacidad es baja.

c) Sistema de cribas planas o tambores rotatorios.- Estos eliminan estacas, tallos, hojas, desechos y suciedad. Las partículas de hierro se eliminan por medio del uso de imanes electromagnéticos instalados en cintas transportadoras. Requiere - condiciones de aireación y ventiladores adecuados para lograr la mejor separación.

Las semillas oleaginosas pueden soportar largos periodos de almacenaje, si las condiciones son las adecuadas, en caso-- contrario pueden provocarse graves alteraciones. Si las condicio nes de humedad y temperatura son apropiadas se puede provocar un intensa actividad biológica, acompañada de procesos de de gradación que conducirán a la hidrólisis del aceite:

a) Generación y desprendimiento de CO_2 , debida a la oxi dación atmosférica de los constituyentes de la semilla.

b) Desprendimiento de calor, lo que aumenta la temperatu ra de las semillas e intensifica la alteración.

c) Intensificación de la actividad enzimática, que condu cirá a la hidrólisis del aceite, el cual se obtendrá con un al to contenido de ácidos grasos libres. La actividad enzimática se ve intensificada por daño mecánico a las células de las semi llas y un mal manejo. Se conserva mejor la semilla sin descas carar.

d) Crecimiento de bacterias y mohos.

e) Germinación de la semilla.

Las semillas se almacenan usualmente en silis, los cuales según las disposiciones agrícolas deben tener paredes y techo - impermeables, ser sólidos, poseer cierre hermético, estar orde

nados y tener un buen mantenimiento, para que su uso no sea peligroso ni molesto en el curso de los años. Deberá ser posible la inclusión de dispositivos mecánicos para la extracción de la semilla y el transporte posterior a la planta.

El tipo de silo a construir se selecciona según las características de su explotación y las condiciones climatológicas de la comarca, tendiendo a la sencillez, economía y comodidad. Los silos pueden ser de varios tipos, pero los mas empleados - por sus características, son los de concreto, que pueden ser - redondos, cuadrados o poligonales, el costo de instalación es elevado, pero no requiere de ningún mantenimiento especial.

Antes de almacenar la semilla se debe observar que la humedad de la misma no sea muy alta, para evitar los cambios ya mencionados. Para disminuir la humedad en caso necesario se emplean secadores rotatorios.

Los daños en la semilla provocan una disminución en las - buenas propiedades de almacenamiento. La hidrólisis de la grasa neutra es un proceso autocatalítico, el cual aumenta progresivamente a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, en-- forma de una curva exponencial.

Con el objeto de obtener las mejores condiciones de almacenamiento, se recomienda limpiar la semilla, ya que en caso - contrario tiende a descomponerse e iniciar la calefacción de la masa. El objeto de llevar a cabo el secado para disminuir la humedad de la semilla es mantenerlo debajo de un nivel mas o menos crítico, para su almacenamiento con garantías de seguridad.

Para evitar la lipólisis se pueden inactivar las enzimas

presentes ya sea por medio de aplicación de calor o una inhibición química. La primera de las dos soluciones crea dificultades por la poca conductividad térmica de las semillas, la segunda es importante, algunos de los inhibidores empleados en la actualidad son: dipropionato de propilén-glicol y los 4,6-bis--clorometilbenceno y xileno, que añadidos en un 0.3% del peso de las semillas suprimen bastante su calefacción espontánea y lipólisis.

CAPITULO VI
MOLIENDA Y EXTRACCION DE LA SEMILLA

La extracción del aceite de la semilla, tiende a obtenerlo sin alteraciones, ni impurezas. La variedad de características de los productos grasos, conduce al requerimiento de diferentes tipos de extracción. En el caso de los aceites vegetales se emplea el prensado y la extracción por disolventes. La extracción por solventes, reemplaza la extracción por prensado en frío o en caliente por ser mas eficiente y proporcionar mayores rendimientos. En la extracción por prensado, la torta puede retener de un 4 a un 7% del aceite, mientras que en la extracción por solventes la retención no es mayor del 1%. La desventaja que presenta la extracción por solventes frente al prensado es el alto coste de instalación del primero y el que algunas semillas tienden a desintegrarse en presencia de disolventes, lo que dificulta el manejo, por otra parte el solvente se recupera separándose del aceite para volverse a emplear,--- ésta característica hace costeable el proceso.

Las semillas antes de someterse a la extracción, deben descortezarse para aumentar la capacidad de la instalación, evitar pérdidas por absorción en las cortezas. Después del descascari llado se reduce la semilla a partículas finas, si estas van a someterse a extracción por prensado requiere que se les someta a un tratamiento térmico, para que las paredes de las células se vuelvan permeables al aceite.

Los residuos de la extracción tienen un alto contenido de proteína, la cual tiene aceptación para forraje animal, también puede emplearse para obtener alimento humano o como mate-

ria prima para obtener proteina industrial (obtención de cola).

1. Preparación de la semilla:

La semilla, tal como se indicó anteriormente debe limpiarse antes de ser almacenada, cuando la semilla va a procesarse, debe descascarillarse, para obtener un rendimiento mayor, evitando mayores absorciones de aceite en la torta.

Existen varias formas de llevar a cabo el descascarillado:

a) El descascarillado por métodos mecánicos, en el que se emplean máquinas descascarilladoras de barra y de disco (para semillas de tamaño medio).

La descascarilladora de barra posee un dispositivo rotatorio (un cilindro), el cual tiene en su superficie cuchilla o barras cuadradas, cuyos cantos están afilados y sobresalen ligeramente, colocados longitudinalmente. Opuesta al cilindro y en una superficie que corresponde a un tercio de la de éste hay otro dispositivo cóncavo del que sobresalen barras análogas.-- Las semillas colocadas entre el cilindro rotatorio y la parte cóncava se separan de su cascarilla, cuando aquellas son aprisionadas entre los bordes agudos opuestos. La separación entre los bordes varía según el tamaño de la semilla.

La descascarilladora de disco, posee en los bordes muescas grabadas radialmente en la superficie de los dos discos -- opuestos, que están colocados verticalmente, uno de estos es rotatorio y el otro estacionario. Las semillas entran en el -- centro de los dos discos y se descargan en la periferia, por la acción de la fuerza centrífuga.

La separación de la semilla de su cáscara y de la semilla

sin descascarar, se lleva a cabo por medio de una combinación de tamizadoras de vibración y aventadores neumáticos. Se obtiene un mayor rendimiento si se regula la separación, si se intenta separar totalmente la cascarilla de la pepita, se pierde aceite en la porción de la pepita que se va con la cáscara, en el caso contrario pierde aceite por absorción de éste en la cascarilla. La separación debe ser rápida para evitar el contacto de la corteza con partículas oleaginosas, ya que se pierde aceite por absorción.

Otra forma de separación mecánica aprovecha la densidad de las pepitas en comparación a las cascarillas, es un método de flotación en salmuera, la separación lograda es buena, pero la pepita debe secarse antes de ser almacenada o procesada.

b) Métodos químicos, los cuales ablandan o desintegran la cascarilla por la acción de soluciones alcalinas (NaOH o NaHCO_3) o soluciones ácidas (H_2SO_4) o soluciones salinas (NaCl), también se pueden emplear mezclas diluidas de ácidos (H_2SO_4 , HNO_3 ó H_3PO_4) con soluciones salinas (NaCl , CaCl_2 ó Na_2SO_4). Se emplean otros reactivos para acortar el tiempo del descascarillado como agentes oxidantes, reductores, ácidos y compuesto orgánicos. Se regula el tiempo de aplicación, cocción, temperatura y la relación líquido-semilla.

2. Molienda de la semilla:

Se ha demostrado que la eficiencia de una extracción depende del tamaño de las partículas, las partículas pequeñas facilitan la extracción ya sea por prensado o por disolventes.

Se dice que la molienda rompe grandes cantidades de célu-

las esto se basa en que la semilla molida proporciona mayor cantidad de aceite que la no molida. Muchas células quedan intactas pero sus paredes se hacen permeables al aceite por acción del calor y la humedad durante el acondicionamiento. Las paredes de las células reaccionan mas rápidamente frente a dichos elementos si las partículas son pequeñas.

Cuando se usa extracción por disolventes, se favorece ésta por el rompimiento y por la disminución de las distancias que deben recorrer el aceite y el disolvente dentro y fuera de la semilla. La velocidad de extracción está regulada por la resistencia interna de las partículas a la difusión molecular del aceite y el disolvente, o sea que la velocidad de extracción es indirectamente proporcional al cuadrado del tamaño de las partículas.

Existen varios tipos de molinos, como son los de martillo, cizalla o de otro tipo, éstos se emplean para llevar a cabo una primera reducción en caso de semillas de gran tamaño, después se emplean molinos de rodillos que producen escamas finas que son las mas adecuadas para una extracción por prensado. El tipo de laminado que dan los rodillos es esencial para su preparación, en la extracción continua con disolventes, las partículas deben ser finas y del tamaño adecuado para dar coherencia y una masa adecuada para permitir que fluya el aceite.

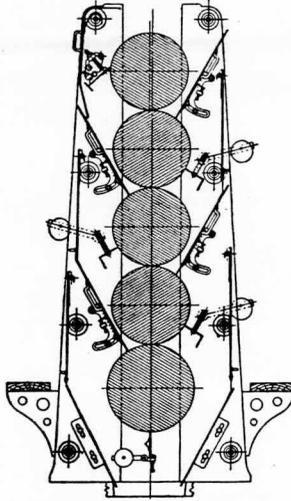


Fig. # 5. Sección transversal de una trituradora, provista de cinco rodillos superpuestos.

En la preparación de la semilla para la extracción del aceite en expellers (prensas de tornillo), no se requieren partículas finas, ya que en este tipo de extracción se genera el suficiente calor para romper las semillas en los cajetines de la exprimidora.

En el laminado de la semilla para extracción por disolventes, se usa un molino de rodillos un poco diferente al empleado para laminar semilla para extracción por prensado, las escamas deben ser grandes y coherentes, la trituración debe llevarse a cabo en un solo paso a través de los rodillos. La semilla debe tener una humedad alta (8 a 11%, triturándose en caliente entre 60 y 70°C.

3. Tratamiento térmico:

El acondicionamiento de la semilla molida u hojueleada, consiste en un tratamiento térmico, el -- cual servirá para favorecer una extracción por medios mecánicos o para producir directamente el aceite. Este tratamiento térmi-- co aplicado a semillas oleaginosas recibe el nombre de cocción. La cocción tiene como objeto coagular las proteínas de las pa-- redes de las células y hacerlas permeables al paso del aceite. El paso del aceite a través de la materia sólida se ayuda tam-- bién por la disminución de la viscosidad por acción de la tem-- peratura. Como las laminillas de las semillas no están nunca-- completamente secas, la cocción se asocia a diversos efectos,-- debidos a la presencia de la humedad aún cuando no se añade -- agua durante el proceso. La presencia de agua se requiere para la coagulación de las proteínas; si éstas están anhidras no coa-- gulan con facilidad y muestran señales de descomposición por - acción del calor; favorece el paso del aceite a través de la - superficie de la materia sólida por su mayor afinidad fisico-- química con ésta.

4. Cocción de las semillas oleaginosas:

La cocción favorece la reunión de las gotas ultramicroscópicas de aceite, para-- que fluyan mas facilmente por las semillas. Antes de que las - proteínas se coagulen el aceite está emulsionado, la emulsión-- se rompe y se favorece también la disminución de la afinidad - del aceite para la superficie de los sólidos y obtener un ma-- yor rendimiento en la extracción por prensado. Se provoca tam-- bién un secado de la semilla que proporciona plasticidad apro--

piada para un prensado eficaz; insolubilización de los fosfátidos y otras impurezas indeseables; destrucción de mohos y bacterias, aumento de la fluidez del aceite, al aumentar la temperatura y la eliminación de algunas sustancias tóxicas como gopipol y sustancias afines (principalmente en semilla de algodón).

La humedad empleada debe ser la adecuada, es posible que la cocción produzca una película de agua líquida absorbida en la superficie de la semilla, si la humedad es baja la extracción es ineficiente; por otra parte el agua puede estar en estado de unión que haga que la superficie de la semilla sea lipofoba.

Los fosfátidos y ácidos grasos presentes en la semilla -- presentan características tenso-activas, la concentración en que se encuentran presentes en la semilla durante la cocción-- provoca que se inactive, influyen en la absorción del aceite -- en la torta.

La cocción determina la calidad del aceite y de la torta, tiene relación con las pérdidas de aceite durante la neutralización. Los agentes tenso-activos presentes favorecen la formación de emulsiones, otros la rompen, lo cual provoca las pérdidas en la neutralización.

Una sobrecalentación daña la torta, alterando sus propiedades nutritivas y la aceptación de los ganaderos por ésta. La baja calidad de algunas harinas sometidas a cocción se debe a su deficiencia en amino ácidos esenciales (cistina y metionina) por la presencia de inhibidores enzimáticos termolábiles que -- intervienen en la acción de la tripsina para obtener metionina

útil.

La cocción de las semillas que van a ser empleadas para una extracción por prensado hidráulico se lleva a cabo en hornos verticales.

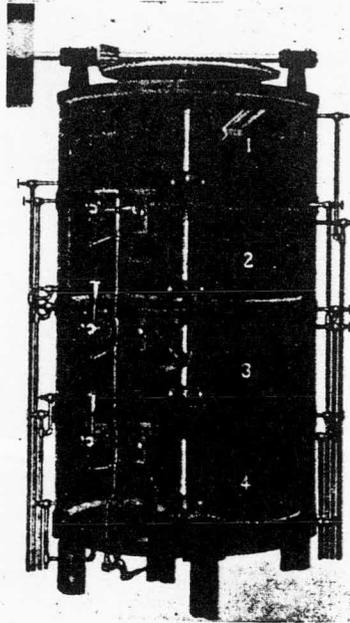


Fig. # 6. Corte de un horno vertical, con cuatro bandejas.

Antes de someterse a cocción, las semillas deben humedecer se a menos que su humedad inicial sea muy elevada, en cuyo caso disminuye durante el proceso.

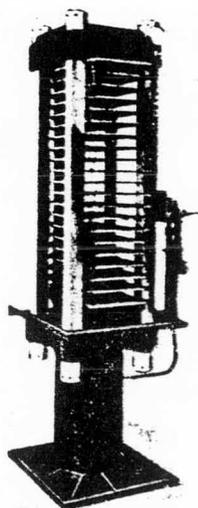
Para una extracción por prensado continuo (expellers), las semillas se cuecen y se secan hasta un contenido de 2 a 5% de humedad, en secadores rotatorios, calentándose con vapor y equipados con ventiladores y colectores de polvo.

La extracción de aceite de la semilla puede realizarse por dos métodos principalmente:

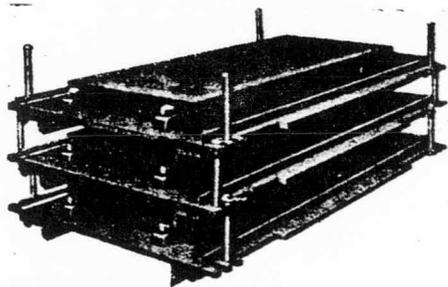
1. Extracción mecánica, este proceso se divide en cuatro que son:

a) Extracción mecánica discontinua, éste es el proceso mas antiguo de extracción, se basa en la aplicación de presión a una masa de productos oleaginosos en bolsas, mallas u otros artificios adecuados.

Los modelos de prensa actuales emplean sistemas hidráulicos. Las prensas discontinuas pueden ser abiertas (de placa y de cajetín), el producto oleaginoso debe encerrarse entre filtros de tela o prensas discontinuas cerradas (vaso y de jaula), donde la materia oleaginos se mete en una especie de jaula. -- Figs. # 7,8 y 9.



(a)



(b)

Fig. 7. (a) Prensa de placas. (b) Dispositivos de cajetines para su empleo en prensas de tubo abierto.

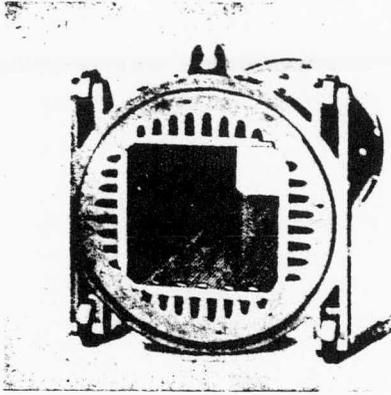
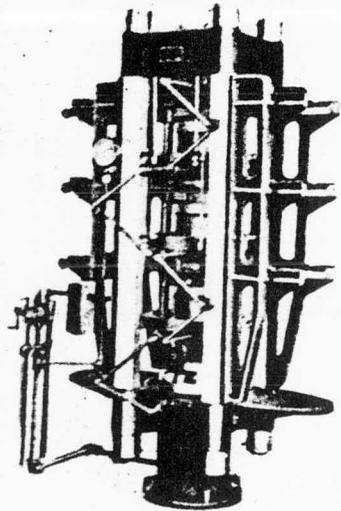


Fig. # 8. Jaula de forma cuadrada, de una prensa tipo jaula.

Fig. # 9. Prensa de vaso.



El rendimiento en la extracción depende de la afinidad del aceite por los sólidos de las semillas, el grado de humedad, el método de cocción y la composición química de las semillas. - Las semillas dañadas retienen mas aceite. Para una carga determinada el rendimiento depende de la velocidad a que se aplica la presión, el máximo de ésta alcanzada, el tiempo de drenado del aceite a la presión total y la temperatura o la viscosidad del aceite. En la actualidad estos procesos no se emplean mucho.

b) Extracción mecánica continua, en este tipo de extracción se emplean prensas de tornillo de acción continua (expellers), Fig. # 10, se emplean basicamente para extracción de aceite de copra, palmiste, cacahuete, algodón, linaza y casi todas las demás semillas oleaginosas.

Las prensas son máquinas de alta presión, diseñadas para efectuar la obtención del aceite en un solo paso, el diseño se hace para un solo tipo de semilla. Este tipo de maquinaria ahorra mano de obra si se compara con las prensas hidráulicas y eliminan el uso de telas filtrantes, la calidad del aceite obtenido es mayor. El inconveniente que presentan es el alto costo por gastos de energía, que no se adaptan bien a procesos intermitentes a la vez que requieren una buena práctica de operación y conservación.

Las prensas de tornillo son de dos tipos, uno de ellos es el llamado expeller, que emplea una jaula vertical, que recibe la semilla y la prensa, sacando de ésta la mitad del aceite, ésta semilla parcialmente extraída se pasa a una jaula horizontal donde se prensa y se obtiene el resto del aceite, el otro es el tipo French que no posee jaulas, el eje está dividido en

dos secciones que giran a diferentes velocidades. La primera parte del eje gira con mayor velocidad que la segunda, con tramos mas profundos; la primera parte extrae a presión baja y -- parcialmente, de aquí pasa a la segunda parte del eje donde -- termina la operación.

El aceite obtenido por el método continuo se obtiene con mayor contenido de sólidos que en la extracción por prensa hidráulica, se dispone de rejillas y dispositivos de drenaje, que separa las partículas mayores. Al final se filtra el aceite en filtros prensa para separar partículas de tamaño pequeño. En-- la torta de la semilla puede haber hasta un 4% de aceite residual.

c) Prensado a baja presión. Las prensas de tornillo pueden funcionar a baja presión, en un prensado previo que se les dá a las semillas que van a ser extradias por disolventes, lo que aumenta el rendimiento en la extracción y las pérdidas por neutralización en un 2%.

Se llegan a utilizar prensas de este tipo para extraer aceite de carne de ballena, de foca, de pescados o carnaza.

El extracto del aceite de semillas oleaginosas, por el método de baja presión consta de una mezcal de aceite y agua con pocos sólidos, el agua se separa por decantación, centrifuga--ción, filtración etc.

d) Extracción por centrifugado, este tipo de extracción-- es un procedimiento ordinario en el caso del fruto de la palma y de oliva. La técnica de extracción es diferente a la empleada para semillas oleaginosas y grasas animales.

2. Extracción por disolventes, es el método mas eficaz,--

incrementa el rendimiento si se compara con la extracción mecánica, en la cual se obtiene en la torta de un 4 a un 5% de aceite, presenta mayores ventajas en el manejo de semillas u otro material con bajo contenido en aceite.

Se ha visto que en algunos casos la extracción por disolventes de algunas semillas oleaginosas, está limitada por consideraciones mecánicas.

La mejor extracción por disolventes, se obtiene en sistemas continuos a contracorriente, donde el disolvente está en contacto con la semilla por corrientes que se mueven continuamente en direcciones opuestas. Si las partículas de las semillas tienden a desintegrarse por la acción del disolvente, las partículas finas impiden la circulación uniforme del disolvente por la masa de la semilla, las escamas de bajo contenido de aceite es mas sencilla y económica por medios mecánicos.

Las partículas de semilla de algodón tienden a desintegrarse y ocasionan mas problemas, las partículas de semilla de linaza y cacahuete no tienden a desintegrarse. Si la semilla contiene mucho aceite, debe someterse a una extracción previa por prensa de tornillo a baja presión y el resto del aceite se puede extraer por disolventes, si la extracción se hace directa se crean dificultades.

La aplicación de la extracción por disolventes no solo se emplean en la extracción de aceite de las semillas oleaginosas, se emplea también en la obtención de grasa animal; también se someten a este tipo de extracción semilla de bajo contenido de aceite, si este es de precio elevado, aún cuando la extracción sea difícil como en aceite de ricino, de oliva, residuos de

de ricino, de oliva, residuos de aceite del germen de trigo. El harina residual de semillas extractadas por disolventes se emplea en la fabricación de adhesivos, fibras o plásticos proteínicos, ya que el harina se afecta menos que por cocción y prensado mecánico.

La extracción con disolventes es casi totalmente automática, lo que conduce a un bajo costo de mano de obra, el equipo requerido es costoso, no se adapta a todo tipo de semilla y para ser económico se requiere emplear en instalaciones mayores.

La extracción de aceites a nivel laboratorio de semillas oleaginosas, es un ejemplo de la extracción por disolventes, -- ésta se realiza casi totalmente, en la práctica esto no se puede hacer, por requerirse grandes cantidades de disolventes, lo que puede volver a un proceso prohibitivo. En la actualidad se busca disminuir el contenido de las micelas finales en disolvente, al valor mas bajo posible.

Se trata a la semilla con sucesivas porciones de disolventes hasta que las micelas libres sean tan ricas en aceite como las absorbidas dentro de las partículas sólidas, después se drenan las micelas libres, se pone una nueva carga de disolvente y se repite la operación. La extracción se continua en ciclos sucesivos de recirculación y drenado, hasta que el contenido del producto en aceite se reduzca al valor deseado.

La extracción de aceite de semillas oleaginosas, tan solo es satisfactoria para algunos productos, es casi imposible cargar grandes cantidades de semilla, sin que se produzcan disposiciones irregulares de material, que provocan canales interiores y como consecuencia una extracción incompleta. Los extractores discontinuos poseen medios mecánicos para mezclar el di-

solvente y las partículas. El sistema de extracción por cargas sucesivas de disolvente puro se llama extracción múltiple. Las últimas porciones de micela recuperadas en el sistema múltiple contendrán muy poco aceite, por lo que se pueden emplear en vez de disolvente puro en los tratamientos iniciales de las semillas, lo que ayuda a disminuir la cantidad de disolvente a recuperar.

Se denomina sistema discontinuo o contra corriente al sistema de operación discontinuo de modo que se puede volver a emplear el disolvente. Este tipo de extracción puede dar rendimientos teóricos aproximados a los de la extracción continua, aumentando el número de extractores, lo que complica la operación. En la práctica tan solo se usa la extracción con disolventes en sistemas continuo completamente automáticos, lo que asegura mayor economía de vapor, energía, mano de obra y material.

El equipo de extracción se diseña según la velocidad a la que se alcanza el equilibrio entre una micela pobre, situada al exterior de las partículas de las molturas y el aceite y disolvente del interior de éstas. El equilibrio puede alcanzarse lentamente, sobre todo si el contenido de aceite en las semillas tiende a un bajo nivel requerido para una buena operación comercial. La velocidad de extracción se ve afectada por la capacidad intrínseca de difusión del disolvente y del aceite; por sus viscosidades; tamaño y forma de las partículas de las semillas; la estructura interna y en semillas de bajo contenido de aceite, la velocidad a la cual el disolvente disuelve las sustancias no glicéridas solubles en aceite.

Suponiendo un material homogéneo e impregnado en aceite, -
 consiste en dos pequeñas placas de grosor uniforme, cuya area-
 total es la de las dos caras, la velocidad de la extracción --
 teórica, basada en la difusión sencilla según Boucher y colabo-
 radores:

$$E = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} e^{-(2n+1)^2 (\pi/2)^2 (DO/R^2)}$$

E = fracción total de aceite no extraído al cabo de un tiempo.

O = tiempo.

R = mitad del grosor de la placa.

D = coeficiente de difusión, en centímetros cuadrados por hora.

Para valores bajo de O, la ecuación anterior se transforma:

$$E = \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 DO}{4R^2}} \quad \text{ó} \quad \log_{10} E = -0.091 - 1.07(DO/R^2)$$

La ecuación solo es válida para placas que tienen el mismo
 grueso.

Se ha visto que el coeficiente de difusión disminuye con-
 siderablemente al aumentar la humedad. En extracción de semillas
 trituradas industrialmente con rodillos, hay factores que lo a-
 fectan. En la práctica la extracción del 5 al 0.5% de aceite -
 residual es muy lenta, domina la velocidad de extracción total
 e influye en el diseño del extractor. Se sugiere que esta len-
 titud se debe a la disminución de la solubilidad de las últimas
 porciones del aceite, estas últimas porciones son mas ricas en
 fosfátidos y productos no glicéridos.

K y n = constantes

T = tiempo para reducir el con-
 tenido de aceite en la se-
 milla a un 1%.

D = Grueso de las partículas ó
 grueso del grano.

$$T = KD^n$$

La velocidad de extracción depende del tamaño de la partícula, las partículas grandes hechas escama se extraen rapida-- mente debido probablemente a una desintegración interna supe-- rior. Se recomienda que después de la extracción, el contenido de aceite en el extracto sólido se reduzca hasta un 0.5 - 1%.

Los disolventes mas empleados para la extracción son las fracciones ligeras parafínicas del petróleo obtenidas del gas natural, se usan fracciones con puntos de ebullición muy pró-- ximos (tipo nafta): pentano 30-35°C; hexano 63.3-69.5°C; heptano 87.8-97.7 tricloroetileno. Una de las mas empleadas es nafta tipo hexano, la tipo heptano se considera adeucada en la extracción de semillas oleaginosas.

La extracción por disolventes puede ser discontinuo o continuo, los continuos pueden ser de tipo cesta, Rotocell Blow-- Knox y otros. Fisg. # 10,11 y 12.

Antes de recuperar el disolvente, la micela debe estar -- libre de finos. La clarificación se realiza después de que se ha eliminado el disolvente y cuando se han eliminado los finos, el disolvente se elimina en tres fases por evaporación en calderas de vapor, precalentadores de micela o evaporadores de lámina delgada.

Para recuperar el disolvente residual de las partículas-- sometidas a extracción, se compone de una serie de tubos horizontales, provistos de camisas de vapor a través de las cuales se pasan las partículas por medio de tornillos sin fin. En la eliminación final de las últimas trazas se pasan por un tubo - semejante a los anteriores, de mayores dimensiones y en contraccorriente con un chorro de vapor. El extractor y los condensa--

dores de disolvente están conectados a condensadores o recuperadores de vapores del disolvente, que evitan pérdidas.

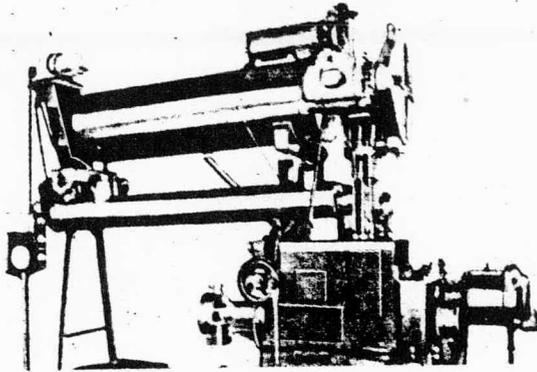


Fig. # 10. Extractor tipo "expeller" moderno de alta presión.

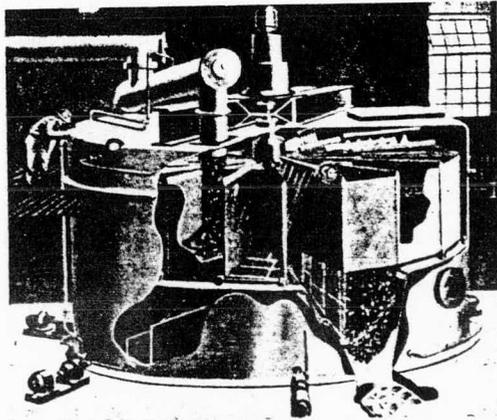


Fig. # 1 . Extractor

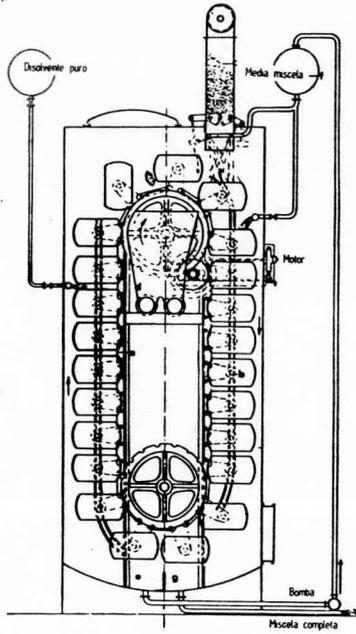


Fig. # 12. Extractor tipo cesta.

CAPITULO VII

DESGOMADO Y NEUTRALIZACION

Después de haber extraído el aceite crudo y antes de almacenarlo se deben remover las impurezas insolubles en éste. Los pedazos de semilla, tejido celular tienen lipasas, las cuales deben removerse para que no se dañe el aceite, que se hidroliza en presencia de pequeñas cantidades de lipasas y una humedad baja. La forma en que se remueven estas impurezas insolubles-- puede llevarse a cabo por decantación, éste método no es muy eficaz, pocas veces se llega a obtener un aceite claro, la separación del agua y las impurezas es lenta; otro método puede ser una filtración, es un método mas moderno, la mezcla fluida y las impurezas se pasan por un medio filtrante que retiene los sólidos, el medio filtrante puede ser lana, fibras artificiales, textiles de algodón o medios de filtración especiales como asbestos, kielselghur, tierras diatomeas etc., pueden emplearse filtros prensa o filtros con vacío etc. y clarificación por -- centrifugación, éste método se usa mucho en las últimas décadas para la clarificación de aceites, se obtiene de estos un producto excelente.

Cuando un aceite se destina para consumo humano y después de que han sido eliminadas las impurezas insolubles, se deben-- eliminar las solubles, que son perjudiciales debido a que intensifican el color del aceite, producen espumas o humos y precipitados al calentar. Estas impurezas son principalmente ácidos grasos libres, fosfátidos, resinas, proteínas, gomas, resinas, sustancias que producen color como clorofila, xantofilas, fitoesteroles, así como también tocoferoles. Algunas de las im

purezas no provocan problemas, son insaboras, incoloras y estables a temperatura, los tocoferoles son un ejemplo, estos y los esteroides protegen al aceite contra la oxidación.

Las impurezas solubles del aceite se deben eliminar en el proceso llamado refinación, que reúne a dos procesos que son el desgomado y la neutralización o desacidificación.

1. Desgomado.

El desgomado se realiza usualmente para eliminar las gomas en un aceite que se destinará para consumo humano, se realiza antes de la neutralización para evitar problemas en el procesado posterior de los aceites, como son las pérdidas elevadas en la neutralización. Existen varios métodos para llevar a cabo el desgomado:

a) Desgomado por medio de ácido.- Es un método antiguo y consiste en tratar al aceite crudo con pequeñas cantidades de ácido sulfúrico concentrado (60°Bé.) y temperaturas bajas (25-30°C). Es un método que requiere experiencia y cuidado cuando se lleva a cabo para obtener éxito. Provoca que se precipiten las proteínas, gomas y pigmentos coloreados. Si se usa exceso de reactivo puede atacar los glicéridos del aceite y dar coloración rojiza que no puede eliminarse. Después de la floculación de las gomas y proteínas, se agrega de un 1 a un 2% de agua caliente para diluir el ácido y evitar que éste ataque a los glicéridos, se enjuaga hasta la eliminación del ácido con agua. Las concentraciones empleadas para este tipo de desgomado son: ácido sulfúrico 0.5-1.5%; ácido clorhídrico concentrado de un 1-4%; ácido fosfórico con fuerza de 40-65 en un 1%. Después se filtra.

b) Desgomado por temperatura.- La aplicación de temperatura provoca coagulación del mucílago coloide, al igual que las proteínas, precipitando, es difícil de filtrar, pueden provocarse polimerizaciones y espesamiento por lo que no es un método muy usual, las temperaturas a que se debe llegar para lograr la floculación es de 240-280°C.

c) Desgomado por hidratación.- Los fosfátidos, las proteínas y otras impurezas coloidales se encuentran disueltas en el aceite o en dispersión coloidal, floculan al hidratarse y van al fondo del recipiente.

Los aceites crudos obtenidos por extracción con solventes han sido hidratados usualmente, si antes se ha inyectado vapor para remover el solvente o si ha sido tratado para recuperar la lecitina, esto último en caso de ser un proceso económico, como sucede con la lecitina de soya (1.5-3%). Se inyecta una porción de 2-5% de agua caliente, mezclando vigorosamente y separando al final los coloides hidratados del aceite. No se debe proporcionar exceso de agua, debido a que las gomas separadas se fermentan junto con las gomas, se pierde un porcentaje de aceite.

El contenido de gomas en un aceite varía con el peso específico del mismo desde un 2% en aceites con densidad de 0.934 a menos de 0.2% en aceites cuya densidad es 0.9315. Conociendo la cantidad de gomas presentes en un aceite se puede saber la cantidad de agua por agregar, ésta debe ser igual al contenido de gomas. El proceso debe llevarse a cabo entre 30 y 50°C.

d) Desgomado con absorbentes.- Es un método usual para desgomar aceites, los absorbentes mas empleados son: Kieselguhr,

tierra de Fuller, carbón, arcillas activadas y otras sustancias que presenten propiedades coagulantes y adsorbentes. Se emplean entre un 0.5 y un 1%, en caso de estar empleando carbón o arcillas activadas se produce una decoloración, las temperaturas de proceso recomendadas son entre 60-100°C.

e) Desgomado por métodos físicos.- Este tipo de desgomado floclula a mucilagos, proteínas y demás impurezas por medio de descargas eléctricas, cuando el aceite se lleva a 100°C.

f) Desgomado por medio de reactivos especiales.- Algunos productos químicos son capaces de precipitar las impurezas de un aceite algunos de estos son: ácido acético glacial, ácido fórmico, alcohol, glicol y amida fórmica, se adicionan en un 0.4% a una temperatura de 100°C agitando durante 15 minutos. Otros reactivos que se dice poseen las características de floclular las impurezas son: ácido cítrico, oxálico y sus sales de sodio, cloruro de zinc y sulfato de calcio.

g) Desgomado con alcali.- Este es un método muy extendido en su uso en la industria, consiste en la aplicación de una solución de sosa caústica. La solución jabonosa se forma por la neutralización de los ácidos grasos libres, acarreando con ellos las impurezas solubles. La sosa empleada es de un 6-12% y la temperatura recomendada para el proceso es de 50-90°C.

En el caso de emplear sosa caústica para el desgomado, se está combinando con la neutralización, este proceso se recomienda para aceite que va a ser hidrogenado, ya que las impurezas coloidales reducen la actividad del catalizador, los ácidos grasos libres se combinan con el catalizador, formando jabones que disminuyen la actividad, se disuelven y provocan decoloración.

2. Neutralización.

La neutralización es un proceso que sirve para eliminar los ácidos grasos libres que se encuentran en todo aceite crudo, como resultado de la acción de las lipasas (descomposición hidrolítica). Si un aceite ha sido bien manipulado el % de ácidos grasos libres es muy bajo. Los ácidos grasos de bajo peso molecular dan al aceite olores y sabores desagradables. Los ácidos grasos son corrosivos sobre algunos metales, esto puede producir coloraciones por la disolución de los jabones metálicos. Se debe evitar el uso de equipo de cobre y de aleaciones de cobre, se recomienda el uso de aceros inoxidables.

La neutralización elimina a los ácidos grasos libres transformándolos en jabones insolubles en el aceite, usualmente esto se hace por edición de un alcali, también se eliminan otras sustancias ácidas e impurezas por adsorción en el jabón, algunas sustancias se insolubilizan por hidratación. Si la neutralización se lleva a cabo con sosa caústica, también se eliminan pigmentos carotenoides, provocando que se aclaren los aceites, la eliminación de estos pigmentos es por adsorción en el jabón.

Los principales métodos de neutralización empleados en la industria son:

a) Neutralización con sosa caústica.- Existen variaciones en la neutralización con sosa caústica. En el caso de emplear sosa como neutralizante, un exceso de ésta puede provocar que la sosa reaccione con el aceite neutro, provocando pérdidas.

La neutralización se debe llevar a cabo después de haberhecho una titulación de los ácidos grasos libres con un alcali 0.1 N, el % de estos se calcula asumiendo que el peso molecular promedio de los ácidos grasos es el del ácido oleico, cuyo peso es de 282. Conociendo el % de ácidos grasos libres, el refinador calcula la cantidad de líquido neutralizante requerido. No existe una forma determianda para expresar la fuerza del ácido, ésta puede indicarse en grados Baumé ó Twadel, gravedad específica, % o normalidad. La siguiente tabla (Tabla # 4) muestra-- una comparación de la forma de expresar las concentraciones de sosa.

°Be	Densidad	°Tw	%NaOH en sol.	N
2	1.014	2.8	1.2	0.3
4	1.029	5.8	2.5	0.62
6	1.045	9.0	3.79	0.95
8	1.060	12.0	5.2	1.3
10	1.075	15.0	6.58	1.65
12	1.091	18.2	8.07	2.0
14	1.108	21.6	9.5	2.37
16	1.125	25.0	11.06	2.76
18	1.142	28.4	12.69	3.17
20	1.162	32.4	14.35	3.6
22	1.180	36.0	16.0	4.0
24	1.200	40.0	17.81	4.45
26	1.220	44.0	19.65	4.9
28	1.241	48.2	21.55	5.39
30	1.263	52.6	23.5	5.88
32	1.285	57.0	25.5	6.4

Tabla # 4

A continuación en las Tablas # 5 y 6 se muestran los porcentajes de lejías de diferentes concentraciones, necesarias-- para neutralizar los ácidos grasos con diferentes grados de acidez, así como los excesos requeridos de las mismas.

Acidos grasos libres %	Concentraci3n de las lejías en grados Baumé				
	12°	14°	16°	18°	20°
0.6	1.07	0.90	0.7	0.67	0.59
0.7	1.24	1.05	0.90	0.78	0.69
0.8	1.42	1.20	1.03	0.89	0.7
0.9	1.60	1.35	1.16	1.00	0.89
1.0	1.78	1.50	1.29	1.11	0.99
1.1	1.95	1.65	1.41	1.23	1.09
1.2	2.13	1.80	1.54	1.34	1.19
1.3	2.31	1.95	1.67	1.45	1.29
1.4	2.48	2.10	1.80	1.56	1.39
1.5	2.66	2.25	1.93	1.67	1.49
1.6	2.84	2.40	2.06	1.79	1.58
1.7	3.02	2.54	2.18	1.90	1.68
1.8	3.20	2.69	2.31	2.01	1.78
1.9	3.37	2.84	2.44	2.12	1.88
2.0	3.55	2.99	2.57	2.23	1.98
2.1	3.73	3.14	2.70	2.35	2.08
2.2	3.91	3.29	2.83	2.46	2.18
2.3	4.08	3.44	2.96	2.57	2.28
2.4	4.26	3.59	3.08	2.68	2.37
2.5	4.44	3.74	3.21	2.80	2.47
2.6	4.61	3.89	3.34	2.91	2.57
2.7	4.80	4.04	3.47	3.02	2.67
2.8	4.97	4.19	3.60	3.13	2.77
2.9	5.15	4.34	3.72	3.24	2.87
3.0	5.32	4.49	3.85	3.36	2.97
3.2	5.68	4.78	4.10	3.58	3.16
3.4	6.04	5.18	4.35	3.80	3.36
3.6	6.39	5.48	4.61	4.03	3.6
3.8	6.75	5.78	4.87	4.25	3.76
4.0	7.10	6.08	5.12	4.47	3.95
4.2	7.45	6.38	5.38	4.70	4.15
4.4	7.80	6.68	5.64	4.92	4.35
4.6	8.16	6.98	5.89	5.15	4.55
4.8	8.52	7.28	6.15	5.37	4.74
5.0	8.88	7.47	6.42	5.60	4.94

Tabla # 5

Porcentajes de lejías de diferentes concentraciones necesarias para neutralizar los ácidos grasos libres de aceites con distintos grados de acidez.

Exceso	Concentración de las lejías en grados Baumé				
	%	12°	14°	16°	18°
0.5	0.62	0.53	0.45	0.39	0.35
0.10	1.25	1.05	0.90	0.79	0.70
0.15	1.87	1.58	1.35	1.18	1.05
0.16	2.00	1.69	1.44	1.26	1.12
0.17	2.12	1.79	1.53	1.34	1.19
0.18	2.25	1.90	1.62	1.42	1.26
0.19	2.28	2.00	1.71	1.50	1.33
0.20	2.50	2.10	1.81	1.58	1.39
0.21	2.63	2.21	1.90	1.66	1.46
0.22	2.75	2.31	1.99	1.74	1.53
0.23	2.88	2.42	2.08	1.81	1.60
0.24	3.00	2.52	2.17	1.89	1.67
0.25	3.13	2.63	2.26	1.97	1.74
0.26	3.25	2.73	2.35	2.05	1.81
0.27	3.38	2.84	2.44	2.13	1.88
0.28	3.50	2.94	2.53	2.21	1.95
0.29	2.62	3.05	2.62	2.29	2.02
0.30	3.75	3.15	2.71	2.37	2.09
0.31	3.88	3.26	2.80	2.44	2.16
0.32	4.00	3.36	2.89	2.52	2.23
0.33	4.13	3.47	2.98	2.60	2.30
0.34	4.25	3.57	3.07	2.68	2.37
0.35	4.37	3.68	3.16	2.76	2.44
0.36	4.50	3.78	3.25	2.84	2.51
0.37	4.62	3.89	3.34	2.92	2.58
0.38	4.75	3.99	3.43	3.00	2.65
0.39	4.88	4.10	3.58	3.07	2.72
0.40	5.00	4.21	3.61	3.15	2.79
0.41	5.13	4.31	3.70	3.23	2.86
0.42	5.25	4.42	3.80	3.31	2.93
0.43	5.38	4.52	3.89	3.39	3.00
0.44	5.50	4.63	3.98	3.47	3.06
0.45	5.63	4.73	4.07	3.55	3.13
0.46	5.75	4.84	4.16	3.63	3.20
0.47	5.88	4.85	4.25	3.70	3.27
0.48	6.00	4.95	4.34	3.78	3.34
0.49	6.13	5.16	4.43	3.86	3.41
0.50	6.25	5.26	4.52	3.94	3.48

Porcentajes de lejías de diferentes concentraciones, necesarios para dar los correspondientes excesos de la misma (los excesos se han calculado en hidróxido de sodio anhidro).

La selección de la concentración de la lejía es importante ya que la presencia de pigmentos y sustancias tenso-activas, hacen que la reacción con los alcalis sea muy variable, además de las variaciones que implica el haber obtenido los aceites de diferentes lotes de semilla por condiciones geográficas y climáticas.

1) Neutralización con sosa caústica o método seco.-

Este es un método efectivo, que neutraliza y purifica el aceite, llevando también a cabo una decoloración parcial que facilita la operación de decoloración. La concentración empleada es de 10°Bé o más hasta un 24°Bé.

Se le denomina método seco porque se emplean lejías concentradas de sosa, los jabones y barros se precipitan en forma sólida, es un método rápido y cómodo.

Con el objeto de seleccionar la lejías mas adecuada, se deben tomar las siguientes consideraciones:

I. Naturaleza del jabón, una solución fuerte de sosa caústica produce, aún empleando concentraciones altas de agua, un jabón viscoso, que al enfriar solidifica. La temperatura de operación recomendada está entre 60 y 70°C.

II. Cantidad de aceite a neutralizar, una alta concentración de sosa caústica provoca saponificación parcial del aceite neutro o parte de los ácidos grasos libres, lo que provoca mayores pérdidas en la refinación.

III. Cantidad de aceite ocluido (neutro) en el jabón. --- Mientras mas diluida esté la solución caústica, mayor será la tendencia de la solución jabonosa a formar emulsiones con el aceite neutro. Grasas con un bajo contenido de ácidos grasos -

requiere lejías no concentradas y viceversa.

Las pérdidas por saponificación empleando lejías concentradas osn similares a las pérdidas por uso de lejía no concentrada, por emulsificaciones del aceite neutro en el jabón.

IV. Rapidez de separación del aceite neutro y jabón. La temperatura del proceso y la concentración de la lejía, se selecciona para el jabón formado se deposite en el fondo, si el depósito es lento aumentan las pérdidas por oclusión.

V. Decoloración del aceite neutro, mientras menos concentrada se la lejía empleada en la neutralización, mayor será -- el exceso de sosa cáustica requerida para llevar a cabo la decoloración.

VI. Acidez del aceite crudo, la lejía empleada depende de la acidez del aceite crudo, a mayor porcentaje de ácidos grasos libres mayor concentración en la lejía.

Después de haber adicionado la lejía, se debe agitar adecuadamente, con el objeto de que el jabón formado se separe y se deposite, también se requiere que la temperatura de la mezcla sea la adecuada. La sosa cáustica absorve CO_2 del aire, lo que puede provocar formación de jabón o suspensión de partículas en la superficie del mismo. Una temperatura muy alta provoca formación de espuma. En un aceite para uso comestible, el exceso de sosa cáustica no debe exceder un 0.05%, la máxima acidez debe estar entre un 0.1 y 0.2%.

2) Neutralización con soluciones diluidas de sosa o método húmedo, es un método extendido en Europa, debe tenerse cuidado al neutralizar un aceite por éste método, para no perderlo por emulsión. La concentración recomendada es de unos 5°Bé, es

un método que no se recomienda para aceites crudos con una alta acidez (6% o mas), pues requeriría mucha cantidad de lejía diluida.

La solución jabonosa formada es fluida aún a bajas temperaturas, es fácilmente drenable. Si el proceso se aplica a aceite no desgomado se forma una capa de impurezas entre la solución jabonosa y el aceite neutro. El arrastre de la solución jabonosa diluida se hace con agua caliente, pulverizada sobre la superficie del aceite.

Una solución jabonosa diluida es efectiva en disolver gomas y sustancias colorantes. Si la neutralización se manipula para que se forme una solución coloidal que se separa fácilmente, las pérdidas de aceite son bajas. Para evitar la emulsificación del aceite, la agitación debe ser lo suficientemente rápida para asegurar el contacto del alcali con el aceite. En algunos casos se añade carbonato de sodio u otro electrolito para romper la emulsión y favorecer la granulación.

Se puede llevar a cabo el desgomado y la neutralización en un solo proceso, si se agrega rápidamente la lejía y se agita en la forma adecuada. Se forma una solución jabonosa con impurezas que se deposita fácilmente, en algunos casos existe el riesgo de emulsión.

3) Neutralización con sosa, empleando concentraciones mezcladas.- En este método se adiciona agua en un 30% en peso del aceite a neutralizar y se agrega después la lejía en un 10% de exceso, la concentración recomendada es de 18-20°Bé, al entrar en contacto con el agua adicionada inicialmente, la lejía se diluye. En otros procesos se adiciona agua en relación a la --

presencia de ácidos grasos libres 2-5 veces y se agrega la lejía de 20°Bé con un exceso de 10-20%, requiere agitación continua. La neutralización puede llevarse a cabo en recipientes cerrados o abiertos.

La mezcla de aceite y jabón, se separa en una centrífuga, el aceite se descarga a un tanque receptor y el jabón cae por gravedad al tanque de jabón. El aceite separado en esta forma contiene aún cantidades de jabón, que se eliminan por medio de lavados con agua caliente y filtración o sécado a vacío para eliminar la humedad.

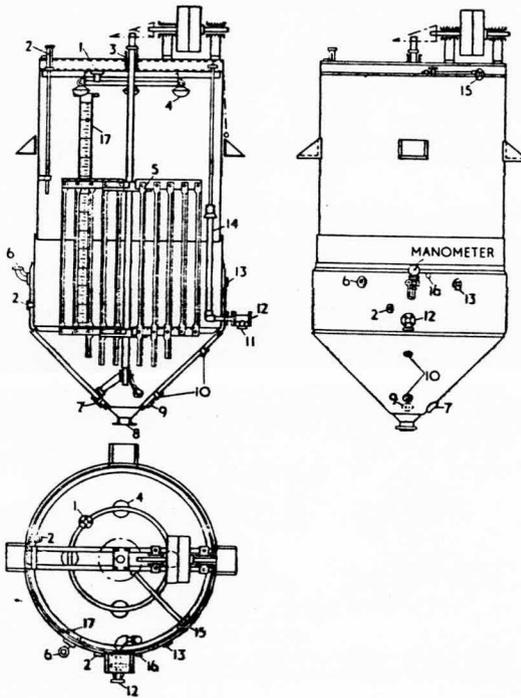
Los tres métodos anteriores son procesos intermitentes.

La neutralización empleando lejías alcalinas, se lleva a cabo en recipientes abiertos o cerrados, cilindros verticales con una altura de 2-2.5 veces el diámetro, el ángulo del cono debe ser 90° con el objeto de obtener el mejor drenado. Algunos recipientes tienen camisa de vapor alrededor de la mitad baja del cono, la mayoría posee serpentines internos para calentar, los hay con los dos sistemas de calentamiento. Los recipientes poseen agitadores que varían según el constructor. El agitado debe ser el adecuado con el objeto de evitar la formación de emulsiones o de efectos centrífugos, esto se logra por medio de controles de velocidad.

El proceso de neutralización se puede hacer también continuo, mezclando la lejía y el aceite en emulsificadores centrífugos. llevándose a cabo una separación posterior por medio de centrifugación. En el método continuo, las pérdividas por refinación son menores.

En las Figs. # 13,14 y 15, se muestran algunos de los neu

tralizadores empleados en varios métodos.



- | | | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1.- Agua para lavado | 7.-Salida de agua | 13.-Entrada de vapor |
| 2.- Termómetro | 8.-Salida de jabón | 14.-Tubo móvil con <u>u</u> |
| 3.- Balero | 9.-Salida de condensado | nión universal. |
| 4.- Esprea | 10.-Válvulas de muestreo | 15.-Entrada de lejía |
| 5.- Agitador | 11.-Muestrador | 16.-Venteeo |
| 6.- Válvula de seguridad | 12.-Salida de aceite | 17.-Escala de medición |

Fig. # 13. Neutralizador abierto.

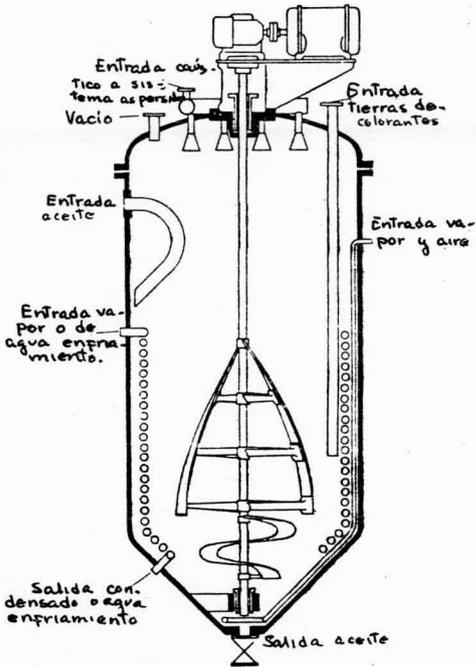
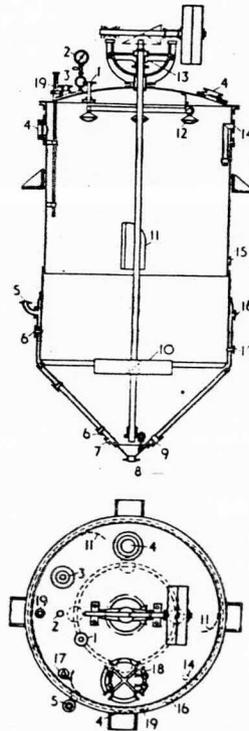


Fig. # 14. Neutralizador de colorador a vacío.

Fig. # 15 Recipiente para lavados.



- | | | |
|--|-----------------------|------------------------------------|
| 1.-Entrada de agua | 8.-Salida de agua | 15.-Indicador del nivel de aceite. |
| 2.-Manómetro de vacío | 9.-Salida de aceite | 16.-Entrada de vapor a la camisa |
| 3.-Conexión de vacío | 10.-Agitador | 17.-Venteo |
| 4.-Mirilla | 11.-Mampara | 18.-Registro |
| 5.-Válvula de seguridad | 12.-Espeja | 19.-Termómetro |
| 6.-Válvulas de muestreo | 13.-Balero | |
| 7.-Salida del condensado de la camisa. | 14.-Entrada de aceite | |

La solución jabonosa separada del aceite, contiene usualmente aceite neutro que ha sido absorbido sobre las partículas jabonosas. Para separar el aceite, ésta solución jabonosa se almacena a altas temperaturas en un tanque donde las partículas de aceite flotan hacia la superficie, ésta separación se puede acelerar adicionando sal. Para una separación eficiente se usan separadoras centrífugas. Figs. # 16 y 17.

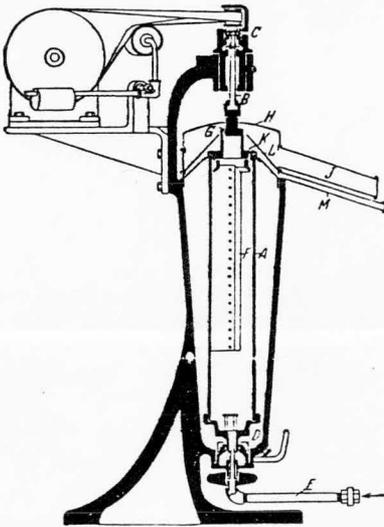


Fig. # 16. Super centrífuga Sharpless.

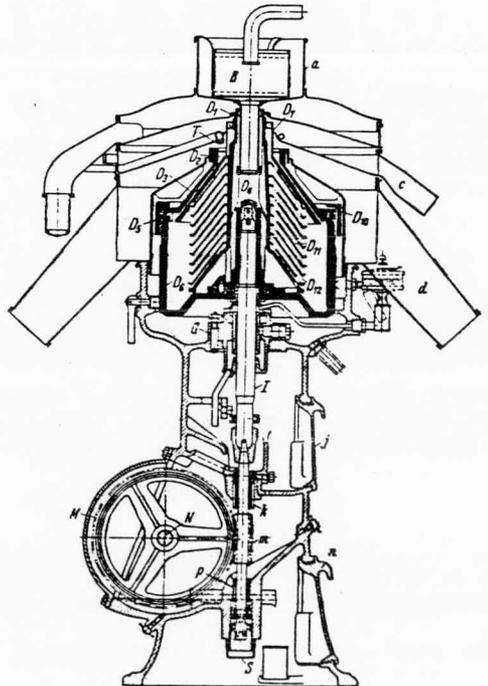


Fig. # 17. Separadora De Daval.

4) Neutralización con carbonato alcalino.- Este método -- tiene la ventaja de no atacar al aceite neutro, pero requiere una técnica especial, para evitar que se libere CO_2 del carbonato, lo que puede provocar formación de espuma así como obtener una buena separación. No tiene efectos decolorantes sobre el aceite. Se recomiendan temperaturas no mayores de 50°C para el proceso, lo que evita que los ácidos grasos libres reaccionen con un solo equivalente del carbonato formando jabón y bicarbonato. Fig. # 18.

Se recomienda se empleen excesos del 150% de carbonatos. El CO_2 libre produce espuma y partículas de jabón en suspensión, las cuales se van al fondo al lavar con agua caliente, sal o silicatos. Se debe llevar a cabo en vacío, secando los granos de jabón por evaporación del agua y remoción del CO_2 en el vapor. El jabón seco se separa por filtración.



Fig. # 18.

5) Neutralización con caly otros reactivos.- Para éste método se emplean cal o magnesia con el objeto de precipitar los jabones remanentes del aceite neutro, convertidos en jabones cálcicos, adicionando CaCl_2 , secando la muestra y filtrando los jabones. Se puede emplear un pequeño exceso de cal apagada, formando una emulsión. Al secar la muestra a vacío, se rompe la emulsión y convierte al jabón en una masa granular que permite una buena filtración.

Se calienta a 90°C , se agrega la cal, se mezcla a 40 rpm, se neutraliza en una hora, al partir de la formación de la emulsión. Se calienta a 110°C , se bombea a un recipiente en el que

se evapora el agua, el jabón se separa del aceite y posteriormente éste se filtra en filtros prensa. Las pérdidas por éste métodos son pequeñas pero se presentan dificultades en el filtrado.

Otros de los reactivos empleados son etanolamina y amonía.

6) De- acidificación por destilación (tratamiento térmico)-

Es un proceso poco empleado para neutralizar aceites, en algunos casos se emplea para la eliminación de fosfátidos o productos de degradación. Se desarrolló para evitar pérdidas de aceite neutro, los ácidos grasos libres son volátiles, el aceite neutro no. La destilación se lleva a cabo en vacío, con el objeto de evitar descomposición pirogénica del aceite. Se suele emplear un vacío de 3-5 mm Hg. y una temperatura de 210-230°C.

El aceite debe ser purificado (desgomado), para evitar que el aceite adquiera coloraciones inconvenientes (se obscurece), en algunos casos se llega a dar un pre-decolorado. Este método presenta la ventaja de que los ácidos grasos destilados, valen mas que el jabón. Las pérdidas son pocas, al calentar el aceite se provocan reesterificaciones, la reducción máxima que se obtiene por éste método es hasta un contenido de 0.5-0.8%, el contenido llega a 0.1-0.2%, se producen hidrólisis. Se recomienda que la neutralización se termine por adición de álcali.

El equipo requerido para éste método de neutralización es caro, ya que debe ser resistente a la corrosión, debe emplearse un buen vacío y sistemas de condensación.

7) Neutralización por extracción con solventes.- Este método emplea las diferentes solubilidades de los ácidos grasos

8) Neutralización por esterificación.- Es un método poco económico, si el aceite contiene menos 6-7% de ácidos grasos libres, es difícil provocar la recombinación del ácido graso con el glicerol, hasta menos de un 1%, lo que provoca que sea necesario continuar con una neutralización con alcali, para reducir este porcentaje.

La esterificación de los ácidos grasos con el glicerol, conduce a obtener triglicéridos, la esterificación no está bajo control, por lo que la recombinación de los ácidos con el glicerol sea bajo el mismo patrón de distribución que en la grasa original antes de la hidrólisis, ésta recombinación no controlada, provoca variaciones en las propiedades físicas de la grasa o aceite. Se llegan a obtener grasas y aceites diferentes a los originales.

La esterificación se debe llevar a cabo entre 250-300°C, en vacío la reacción es lenta, se puede acelerar con ayuda de catalizadores como SnCl_4 , SnCl_2 ó ZnCl_2 , en una concentración de 0.1-0.2% en base al metal. Se recomienda en algunos procesos temperaturas de 175-200°C, durante 10-30 minutos. A menor temperatura se requieren algunas horas.

Cuando no se ha conseguido glicerina para la esterificación se han empleado para ello, otros alcoholes, como el etilico. Los ésteres obtenidos de alcohol etílico tienden a hidrolizarse, son mas suaves y presentan menor consistencia en la hidrogenación, lo que conduce a la obtención de margarinas de baja calidad.

9) Neutralización por adsorción selectiva.- Es un proceso que separa a los ácidos grasos libres del glicerol, por medio del uso de un adsorbente adecuado (alúmina, sílica gel). Es un

proceso que proporciona grandes dificultades técnicas en la -- práctica y también porque se eliminan sustancias importantes como vitaminas y carotenoides, lo que comparado con la neutralización con alcali resulta atieconómico, por ser en la última menores las pérdidas de vitaminas y carotenoides.

CAPITULO VIII DECOLORACION

La decoloración es uno de los pasos de la refinación que poseen importancia, consiste en remover del aceite las substancias que provocan coloraciones y eliminar las huellas de jabón y otras impurezas que se encuentran en suspensión. El consumidor prefiere siempre aceites poco coloridos. El grado de decoloración dependerá del uso futuro que se le de al aceite o grasa.

Si la neutralización se lleva a cabo empleando soluciones concentradas de álcali, al mismo tiempo se produce una decoloración parcial del aceite, pero existen constituyentes naturales y característicos solubles en el aceite, le dán color y so lo se pueden remover con un tratamiento especial.

Las substancias que dán coloración al aceite son: carotenos, xantofilas y clorofila. El aceite puede presentar coloración que no provenga de esas substancias, sino del mal almacenamiento (humedad alta y temperatura) y manejo de la semilla, que provocan deterioro de la grasa por formación de oxi-ácidos grasos y reacciones de oscurecimiento entre proteínas y carbohidratos, mucílagos y gomas, estas coloraciones son difíciles de eliminar. La coloración puede deberse también a un cocimiento excesivo a temperaturas elevadas en extracción por presión de aceites.

El color de un aceite se puede disminuir antes de llevar a cabo la decoloración si:

- a) Se neutralizó con lejía de sosa concentrada.
- b) Se llevó a cabo un pre-tratamiento antes de la neutra

lización, empleando ácido sulfúrico, sales y tanino. El mejor de estos es el ácido sulfúrico.

La decoloración se lleva a cabo por adsorción o por métodos químicos.

1) Decoloración por adsorción.- Existen una gama de adsorbentes empleados en la industria para decolorar, son sustancias predominantemente naturales como arcillas ácido activadas, bentonitas o montmorillonitas con tratamiento ácido, silicatos de aluminio hidratados, tierras decolorantes y carbones activados. Estas sustancias poseen el poder de adsorber en su superficie los compuestos coloridos y sustancias suspendidas en -- forma coloidal como gomas, resinas y productos de degradación.

Las arcillas activadas se emplean para la decoloración de aceites comestibles y algunos no comestibles de difícil decoloración. El costo de las arcillas acidoactivadas elevado, se ni vela con su alta eficiencia. El carbón activado es caro, retie ne mucho aceite, por lo que no se emplea solo, para abatir cos tos se emplea en mezcla con arcillas, 10 a 20 partes de arcilla por una carbón. En la mayoría de los casos se emplean en -- una concentración de 1.5-2.5%.

Las tierras decolorantes comerciales, son polvos amarillo verdosos, amarillos y hasta azul-grisáceo. Su peso específico-varía entre 1.8 y 2.3. En atmósfera seca tienen buena estabili dad y no pierden su actividad aunque se almacenen mucho tiempo.

Algunas tierras acidoactivadas, retienen pequeñas cantidades de ácido en el proceso de activación para producir una pequeña acidez en el aceite, lo que le dá a éste un olor caracte rístico que puede eliminarse por deodorización.

Las tierra decolorantes pueden ser recuperadas y regeneradas después de eliminarles aceite e impurezas, se les proporciona un tratamiento térmico, obteniéndose un producto que posee las características de las tierras decolorantes, pero de menor calidad. El uso de estas tierras se recomienda para aceites -- que se usarán con fines industriales, ya que en aceites para uso comestible producen un aroma desagradable difícil de eliminar.

La decoloración con adsorbentes, se lleva a cabo en proceso intermitente o con filtros de lecho fijo. En el proceso intermitente, el aceite se mezcla a temperaturas elevadas por un periodo largo de tiempo, que se separa del aceite decolorado por filtración. En el otro tipo de proceso se pasa el aceite tibio a través de capas sucesivas o lechos fijos de 7-10mm. de espesor del adsorbente, hasta obtener la decoloración deseada. Si el aceite se destina para uso comestible, a nivel industrial, se emplea el sistema de decoloración intermitente.

El carbón activado, hecho de madera en hornos o retortas tiene bajo poder de adsorción, pero se usa en la producción de carbones activados potentes (0.1-0.2% máximo).

Las sustancias empleadas para decolorar siguen las leyes del proceso de adsorción.

En el rango de concentración del soluto (sustancias a -- eliminar) y a las temperaturas en que se realiza la decoloración, la relación entre la cantidad de soluto adsorbido y la concentración final, siguen la siguiente fórmula:

$$\frac{x}{m} = a C^{1/n} \quad \text{Isoterma de Freundlich}$$

x = Cantidad de soluto adsorbida

m = Gramos de adsorbente

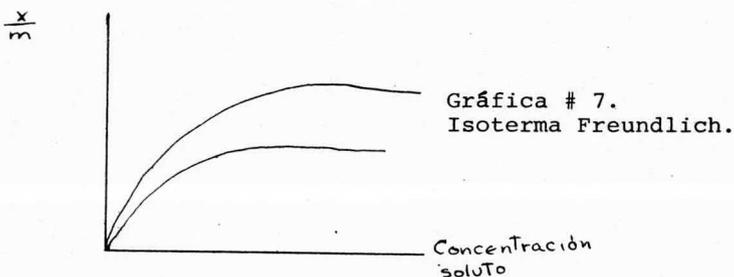
C = Concentración de soluto en la solución

a y $1/n$ = constantes de adsorción

a = Constante de adsorción (valor de la adsorción a una concentración se toma como unidad, es característico del adsorbente y soluto adsorbido).

$1/n$ = Constante de adsorción, eficiencia de la adsorción al variar la concentración del soluto.

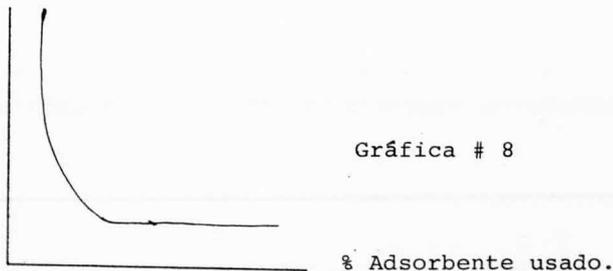
El mayor valor de a y $1/n$, dan el mejor adsorbente.



Los valores para a y $1/n$, se obtienen experimentalmente - para cada adsorbente, graficando la reducción de color por unidad de adsorbente, contra el color residual en una escala logarítmica. La medida del color y la disminución del mismo, se puede determinar por comparación con soluciones standard como permanganato de potasio.

La cantidad de reducción del color sigue la curva de la - siguiente figura:

Unidades de
color resi-
dual



La cantidad de soluto eliminado del aceite, por unidad de peso de adsorbente es proporcional a la concentración de soluto. La concentración del soluto va disminuyendo con la adsorción, hasta que se alcanza el equilibrio, cuando llega ese momento en una grasa o aceite no se requiere la eliminación de mas soluto. Si este punto se alcanza antes de que el adsorbente se sature, puede emplearse para decolorar otro aceite. Para este proceso se recomienda un sistema a contra-corriente, pero hay factores como producción de oxidaciones en muestras nuevas de aceite. Se ha logrado éxito en sistemas semi-continuos a contra-co-----rriente.

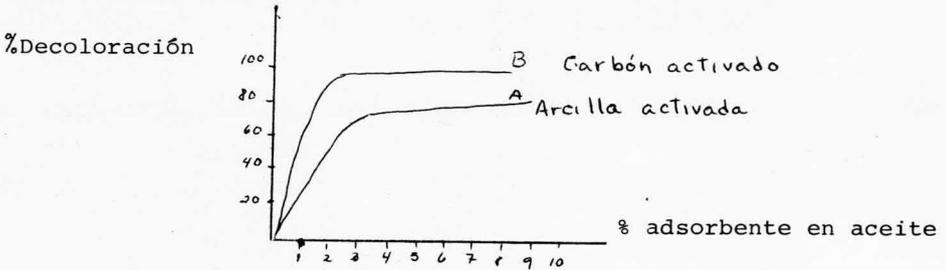
Los valores de a y $1/n$, varían según la gras el aceite el adsorbente, a es proporcional a la superficie activa del adsorbente. Mientras mas fino sea el grano del adsorbente, mayor es la capacidad de adsorción, el rendimiento y la velocidad.

Para lograr una buena selección se hacen pruebas de laboratorio, con variaciones de condiciones y semillas para poder predecir los resultados a nivel industrial. Además de la eficiencia del decolorante se debe ver su.

- a) Retención de aceite.
- b) Velocidad de filtración.
- c) Efecto de la filtración en calidad del aceite.

Se ha mencionado que los valores de a y $1/n$, varían según la grasa o el aceite y que para hacer una buena selección del adsorbente se hacen las pruebas de laboratorio en que se varía la temperatura, tiempo, cantidad de adsorbente, agitación, es difícil predecir los resultados a nivel industrial, no siempre se obtienen buenos resultados.

La siguiente gráfica (Gráfica # 9), muestra dos curvas de decoloración con dos adsorbentes, que presentan una pequeña variación en su actividad:



Gráfica # 9

Se observa al analizar la gráfica anterior, que se requieren menores cantidades de carbón activado que de arcilla, para obtener el mismo grado de decoloración hasta 65% y no decolora mas mientras que el carbón activado puede decolorar hasta un-- 90%.

Para seleccionar al mejor adsorbente, se hace el tipo de comparaciones que indica la gráfica o sea series de muestras en las que se ponen iguales cantidades de los adsorbentes y se mide de la decoloración lograda.

Si se desea emplear una mezcla de carbón activado y arcilla la relación en que deben emplearse, que sea eficiente y e-conómica, se determina por medio de curvas de blanqueo:

a) Cantidad de arcilla, variando el contenido de carbón-- contra el porcentaje de decoloración.

b) Cantidad constante de carbón, variando el contenido de arcilla contra el porcentaje de decoloración.

Esto se usa hasta obtener el grado de decoloración deseado

y por medio de un análisis de costos.

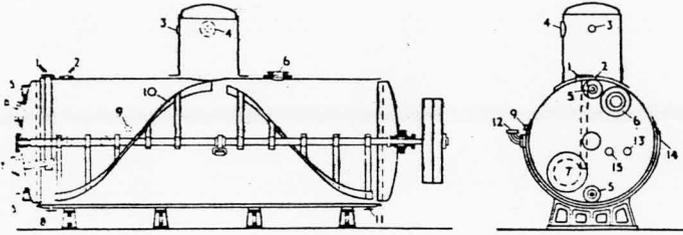
Se recomienda obtener la mayor decoloración posible durante la neutralización, para disminuir los costos de la decoloración.

La cantidad de ácido mineral libre en los adsorbentes puede provocar una disminución en la actividad de la tierra empleada, una cierta hidrólisis en el aceite, por otra parte este ácido ataca las telas de los filtros prensa.

En la actualidad, el equipo empleado trabaja en vacío. La Fig. # 14, muestra un neutralizador-decolorador, después de haber llevado a cabo la neutralización y el lavado, el aceite se mantiene en el recipiente para la decoloración. Las Figs.-- # 20 y 21, muestran equipo usado para la decoloración de aceites.

El aceite debe secarse antes de adicionar el adsorbente-- para obtener una mejor decoloración, también se dice que si se deja un poco de humedad, ésta causa que el adsorbente se cargue electricamente y por medio de su fuerza electrostática, ayude a la adsorción de sustancias coloridas. El tiempo de decoloración varía entre 20 y 60 minutos y las temperaturas entre 70 y 100°C.

A veces se recomienda que el adsorbente se agregue en dos cargas, la primera pequeña, para que se adsorban trazas de jabones y materia coloidal, después de esto agregar el resto del adsorbente, ajustando la temperatura y dando la agitación adecuada.



- | | | |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1.-Entrada de tierra | 7.-Registro | 12.-Válvula de seguridad |
| 2.-Entrada de aceite | 8.-Salida de aceite | 13.-Válvulas de muestreo |
| 3.-Manómetro | 9.-Ventoeo | 14.-Camisa de calenta---
miento. |
| 4.-Conexión de vacío | 10.-Agitador | 15.-Termómetro |
| 5.-Manómetro de nivel | 11.-Drenaje para conden-
sado | |
| 6.-Mirilla | | |

Fig. # 20. Decolorador horizontal.

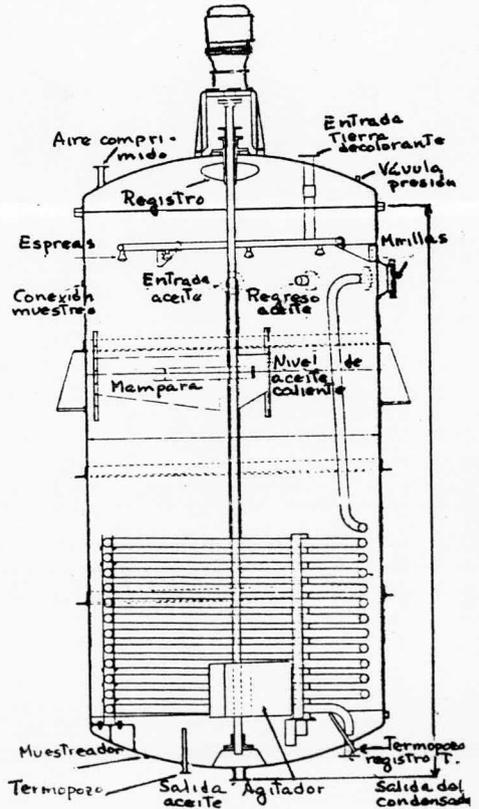


Fig. # 21. Recipiente para decolorar y lavar aceite.

Después del decolorado, se enfría a una temperatura lo su ficientemente alta para favorecer la filtración en los filtros prensa, también pueden emplearse centrífugas para la separación.

Para evitar solidificaciones en los filtros prensa se calienta con vapor. Las primeras corridas salen turbias debido a partículas finas del adsorbente, hasta que este ha formado una cama de filtración, las corridas se vuelven a filtrar hasta -- quedar completamente claras. La filtración se debe llevar a ca bo entre una hora y hora y media.

Si la proporción de adsorbente y aceite retenido en la -- torta de filtración es alto se requiere mas tiempo de filtración, en estos casos se recomienda el uso de 2 filtros en paralelo.

Al terminar la filtración, es conveniente pasar una co--- rriente de vapor a través de las cámaras de filtración, para re cuperar el aceite adsorbido, se reduce el riesgo de oxidación-- empleando vapor en vez de aire. Usualmente se produce una hi-- drólisis ligera, sobre todo si hay trazas de jabón y pequeñas-- cantidades de ácido mineral, que puede además provocar corro-- siones en el interior del filtro.

Es conveniente que las últimas corridas se mantengan sepa radas del resto del aceite para no arriesgar la calidad total-- de este.

Los aceites ácidos y los aceites ácidos grasos recupera-- dos al separar la solución jabonosa con ácido mineral también se tratan con arcilla o tierras blanqueadoras (5-10%) para de-- colorarlos, agregando al final de la operación un pequeño por-- centaje de ácido sulfúrico diluido o agregar ácido concentrado junto con el adsorbente al principio del proceso.

El residuo que queda en el filtro es muy ácido, las te las usadas para la filtración deben ser muy rústicas y se recom iendan armazones de madera, ya que el metal se corroe, dañando al aceite.

El aceite retenido en la torta por adsorción llega ser -- hasta de un 35%, esta cifra es elevada, por lo que es important e recuperar la mayor cantidad posible para volver el proceso-costeable.

Como el contenido de aceite en la torta es elevado, se su gería se mezclase la torta con la semilla y se volviese a pro cesar, en contra de este procedimiento se arguye que esto pro- vocaría una disminución en la calidad de la torta para forraje, también podría descomponerse. Existe por otro lado el riesgo - adicional de favorecer la oxidación y degradación del aceite - fresco por el aceite residual en la torta.

Se recomiendan dos métodos para recuperar ese aceite:

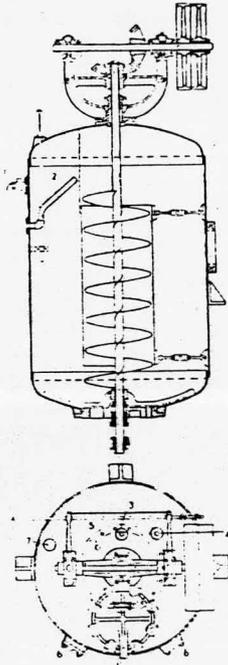
a) Tratar el residuo a altas presiones y temperaturas, -- con soluciones alcalinas, estas disminuyen la tensión superfi- cial, lo que logra que el aceite se separe del adsorbente.

b) Extracción del residuo con solventes orgánicos de a-- ceite y grasas.

El primer método proporciona en condiciones adecuadas un- rendimiento de 70-75%, la solución de sosa recomendada debe ser de 2°Bé. Después de 10 minutos de haber agregado la solución, - se calienta durante 30 minutos, luego se agrega tres veces el- volumen en agua caliente. La grasa se decanta de la superficie
Fig. # 22.

El segundo método proporciona mayores rendimientos hasta

de 90 - 95%. Si se va a emplear la extracción con solventes se debe evitar el pasar vapor por los filtros prensa, ya que esto favorece la hidrólisis y aumenta el contenido de ácidos libres. El bombear ácido debe reducirse al mínimo. Se emplean usualmente como solventes benzina o tricloroetileno.



- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1.-Válvula de muestreo | 5.-Manómetro de presión |
| 2.-Tubo móvil con unión universal | 6.-Mirilla |
| 3.-Entrada de reactivos | 7.-Termómetro |
| 4.-Válvula de escape | |

Fig. # 22. Autoclave para eliminar aceite de las tierras decolorantes.

2) Métodos químicos.- Por medio de estos, las sustancias coloridas se destruyen por oxidación o se transforman en sustancias incoloras, existe el riesgo de ataque sobre los glicéridos, el sabor llega a afectarse, estas condiciones provocan que

se emplee poco para blanquear aceites para uso comestible. Presenta la ventaja de evitar las pérdidas por adsorción.

El ataque del reactivo decolorante sobre el glicérido es mayor en aceites y grasas insaturadas. Aumentando la temperatura algunos catalizadores aceleran esa oxidación.

Los reactivos blanqueadores mas comunes son:

a) Oxígeno.- Decolorar bombeando aire es usual en aceite de palma. La grasa se calienta con vapor hasta 100-120°C en tanques cerrados de madera con ventilación para eliminar olores desagradables. Se emplean tanques de madera para evitar la formación de jabones metálicos en la grasa neutra, mientras se bombea el aire. El proceso se lleva a cabo en unas cuantas horas según la distribución del aire y la temperatura empleada. Se puede usar como catalizadores boratos de cobalto o manganeso en una concentración del 0.01%.

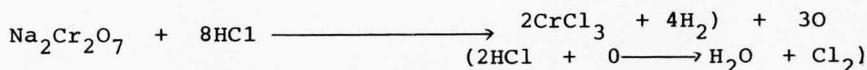
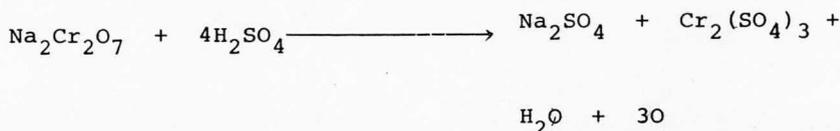
b) Ozono.- Se ha propuesto el bombear aire con ozono para obtener la decoloración, es un método que no se ha empleado a nivel industrial.

c) Peróxidos.- Se emplean bastante los peróxidos para blanquear, el mas común es el agua oxigenada en solución acuosa, en concentraciones de 30-40%, una concentración mayor puede dañar el aceite debido al aumento de temperatura por una oxidación excesiva. El equipo empleado debe ser de acero inoxidable V2A, acero, madera o barro esmaltado. La cantidad a adicionar del peróxido de fuerza 30-40% debe ser de 0.5-2%.

Se emplean soluciones de agua oxigenada para decolorar una mezcla de aceite-lecitina, obtenida en la producción de lecitina de soya (extraída con solvente).

d) Luz.- El uso de la luz como decolorante es un método muy antiguo, se expone la grasa a luz fuerte del día, provocando una oxidación catalizada por la luz del día, pero también se provoca una oxidación de los glicéridos del aceite o grasa por lo cual es un método poco empleado, por otro lado desarrolla sabores desagradables.

e) Dicromato de potasio, permanganato de potasio.- Se emplean soluciones de estas dos sustancias para decolorar en presencia de ácido:



Durante la reacción se libera oxígeno que decolora. En el caso de emplear ácido clorhídrico, el oxígeno liberado reacciona con este y produce cloromolecular que es también un agente decolorante activo.

La decoloración debe llevarse a cabo en recipientes metálicos protegidos contra el efecto corrosivo de los reactivos. La cantidad de dicromato de potasio a emplear varía entre 0.5-2%, en una solución saturada en agua caliente con ácido sulfúrico-25-30% ó ácido clorhídrico al 10%.

El permanganato reacciona en forma similar, pero deja una coloración café, que se remueve con un tratamiento de ácido sulfúrico en solución acuosa.

f) Compuestos clorinados.- El empleo de compuestos clori-

nados produce una buena decoloración, se emplean usualmente hi pocloritos de sodio en soluciones al 1% e igual cantidad de ácido clorhídrico (33%) y la mitad de ácido sulfúrico (33%). La mezcla se debe adicionar en un periodo de 1.5-2 horas para evitar altas concentraciones de HCl. El proceso total debe tomar 3 horas.

g) Hidrogenación.- Este método se aplica en realidad como un pretratamiento para grasas que serán posteriormente hidrogenadas remueve las trazas de humedad, mucílago, jabón, protei--nas, catalizadores venenosos etc. Esta hidrogenación se lleva a cabo entre 100-180°C con algunas atmósferas de presión y en presencia de catalizadores, usualmente óxidos de cobre y fie--rro.

h) Extracción líquido-líquido. Se ha empleado este tipo de extracción, empleando propano que es selectivo para las impurezas en las grasas, es efectivo para la eliminación de substancias coloridas y se emplea en la purificación de sebo.

i) Calor.- El calentar las grasas y aceites a altas temperaturas (210°C), con vacío produce decoloración. Antes de aplicar este proceso en aceites, estos se deben clarificar y estar libres de productos oxidantes y trazas de jabón. No se remueve todo el color pero el color residual es ya aceptable. Este proceso proporciona ahorros ya que no se requiere comprar arci--llas, tierras o carbón para decolorar.

CAPITULO IX
DEODORIZACION

La deodorización es el proceso final a que se someten las grasas y los aceites con el objeto de eliminar todas aquellas sustancias que provocan sabores y olores desagradables en ellos.

Algunas grasas y aceites poseen sabores agradables que les dan un valor especial a los mismos, esto sucede con la manteca, aceite de oliva, manteca de cocoa y el aceite obtenido de algunos aceites vegetales obtenidos por extrusión.

La neutralización y decoloración remueven muchas de las partículas que provocan olores y sabores desagradables, algunas de estas son altamente solubles y no se remueven durante esos procesos anteriores, por lo que requieren una deodorización. Estas sustancias pertenecen a alguno de los siguientes grupos:

a) Substancias que son responsables del olor y sabor característico de una grasa y que se encuentran presentes en la grasa fresca obtenida de materia prima cruda no dañada.

b) Substancias que aparecen por daños en las grasas o en la materia prima, debidas a mal manejo, almacenamiento o procesado.

Las sustancias del primer grupo se encuentran en la grasa al ser extraídas de la materia prima, por una extrusión en caliente o una extracción por medio de solventes, incluyen:--- hidrocarburos insaturados, compuestos amargos, carotenoides,--- terpenos, pigmentos etc. Las sustancias del segundo grupo se forman como resultado del deterioro de la grasa, causado ---

por varias razones, incluyen a sustancias naturales y formadas durante la neutralización y la decoloración. Algunas de las sustancias que se forman son: aldehidos, cetonas, ácidos grasos insaturados (resultado de la hidrólisis de los glicéridos), jabones metálicos y peróxidos.

Las grasas poseen además algunas sustancias inertes como hidrocarburos, esteroides y tocoferoles, cuya presencia no afecta, se remueven en su mayoría por una deodorización.

Los procesos a que se someten las grasas antes de la deodorización eliminan muchas de esas sustancias, las que quedan se eliminan por una destilación con arrastre de vapor en vacío y a temperaturas que fluctúen entre 150 y 250°C, ésta eliminación de sustancias está regida por los procesos y leyes de dicho proceso.

Durante la deodorización se eliminan también antioxidantes naturales de la grasa, lo que puede exponerlas a un ataque por oxidación, esto no sucede en un aceite de buena calidad, ya que si el aceite es de buena calidad, la deodorización tan solo le proporciona estabilidad. En el caso de aceites muy rancios se destruyen también los peróxidos y aldehidos, no mejora notablemente la calidad de ellos debido a que han perdido sus antioxidantes naturales y pueden volver a enranciarse con facilidad.

Bajo las condiciones a que se lleva a cabo la deodorización (vacío y altas temperaturas), la grasa neutra no es volátil. La presión de vapor de las sustancias que producen olores tan baja que se requerirían temperaturas muy altas para poder destilarlas con presiones normales, esta es la razón de --

emplear vacío y una corriente de gas inerte para la presión (por su precio bajo, alto volumen específico y facilidad con que se pueden condensar y separar del sistema) y para reducir la temperatura de destilación evitando así dañar la grasa.

Cuando el vapor sube a través de la cama de aceite, las burbujas se saturan de los componentes volátiles presentes, dependiendo de las presiones parciales de los mismos. La eficiencia de vaporización E se define como la relación de la presión parcial de los compuesto volátiles en el vapor, a la presión parcial de los componentes volátiles que deberán estar en equilibrio con el aceite. Se ha encontrado que E está en función -- con la naturaleza de los compuesto volátiles, de la distancia que viajan las burbujas de vapor dentro del aceite y del tamaño de estas. La eficiencia aumenta mientras mas pequeña sea la burbuja por lo que se pone un sistema de espumas de vapor en el fondo y mientras mas tiempo esté la burbuja en contacto con el aceite:

$$E = \frac{P_{v,s}}{P_{v,f}} = 1 - e^{-\frac{KL}{D}}$$

L = espesor de la cama de aceite

K = constante característica del compuesto volátil, determinada por su velocidad de difusión en el vapor.

D = diámetro de la burbuja

$P_{v,s}$ = presión parcial de los compuesto volátiles en el vapor

$P_{v,f}$ = presión parcial de los compuesto volátiles que deben estar en equilibrio con la grasa.

La eficiencia disminuye al acercarse la burbuja a la superficie por lo que se recomienda introducir parte del vapor por una inyección auxiliar a un nivel adecuado cercano a la superficie. La eficiencia obtenida varía entre 0.7 y 0.9.

Existen otros métodos para eliminar olores y sabores, que no han demostrado la misma efectividad que el arrastre por vapor, en el cual el vapor burbujeado arrastra sustancias que van a destilar del aceite sin ejercer ninguna acción química sobre él.

La cantidad de vapor requerido para el proceso depende de varios factores, como son la cantidad de carga, el vacío, la temperatura, la naturaleza de los compuestos volátiles etc.

La velocidad a la cual se pasa el volumen requerido a través de la carga de aceite, se limita por la velocidad del vapor y la producción de ebullición violenta, que pueden causar una corriente de vapores que incluya una neblina de gotas de aceite y ésta fuerza puede, si las partículas son menores de cierto tamaño, vencer la fuerza de gravedad y evitar que las gotas regresen al deodorizador.

Se ha demostrado que las pérdidas en la entrada se producen por la velocidad y densidad del vapor y por el diámetro de las partículas. La velocidad que mantienen las partículas en suspensión es:

$$v = \sqrt{\frac{2 g D (d_1 - d_2)}{3 K d_2}}$$

V = Velocidad

K = Constante empírica

g = Gravedad

D = Diámetro de la partícula

d_1 = Densidad de la partícula de aceite

d_2 = Densidad de la partícula de los vapores

La fórmula anterior se puede modificar a :

$$v = K \sqrt{\frac{D (d_1 - d_2)}{d_2}}$$

A mayor velocidad del vapor las gotas de aceite arrastradas pueden ser mayores, aunque la temperatura y la presión (vacío) usadas permanezcan constantes. Esta pérdida puede optimizarse teniendo un buen espacio entre la carga de aceite y el domo del deodorizador y un eficiente arreglo de baffles para retener las gotas de aceite. Con un buen equipo las pérdidas son mínimas.

Es de suponer que el proceso mas económico sea el operado con vapor a baja presión absoluta; un buen vacío y una temperatura lo suficientemente alta de manera que se requiera el menor tiempo posible para eliminar las substancias que producen olor. Durante este proceso se pueden producir substancias de olor desagradable y el prevenir que se produzcan depende del tiempo de duración. Si el proceso no se completó y dichos compuestos formados no se han eliminado, el aceite puede adquirir nuevamente el sabor original y mostrar inestabilidad. Para evitar eso se recomienda mantener la temperatura durante algunas horas, dependiendo de la temperatura usada. En equipos intermitentes la presión de vapor en la superficie y la reacción se efectúa en menor grado y su terminación se mejora con agitación eficiente en el lecho del aceite, mediante arreglos adecuados de las entradas de vapor, ésto ayuda a mantener una alta eficiencia de vaporización que puede mejorarse con una inyección de vapor auxiliar a nivel superior dentro del deodorizador.

No hay manera científica de determinar la calidad, la cantidad de ácidos grasos libres (muy pequeña) que quedan en el aceite después de la deodorización, estos no influyen sobre la calidad del aceite y pueden ser determinados facilmente. La ca

lidad del aroma se determina por medio de catadores, el aromafinal del aceite depende del uso que se le dará al mismo.

El costo de la deodorización depende de la cantidad de vapor suministrado (que es función del vapor inyectado y del vacío), que es directamente proporcional a la presión absoluta. La cantidad de vapor vivo que se inyecta a un deodorizador -- que trabaja a 6 mm de Hg absolutos varía entre 4 y 6% del peso de la carga de aceite. El tiempo de deodorización será el requerido para pasar suficiente vapor a través del aceite, hasta que se reduzcan los compuesto odoríferos al nivel deseado. Como se ha sugerido que el calor afecta al aceite, este debe ser el mínimo, igual la inyección del vapor. Si se mantienen fijas la presión y velocidad de la inyección de vapor, el tiempo requerido varía en proporción inversa a la presión de vapor de los productos volátiles del aceite, determinadas según las presiones de vapor de los ácidos mas comunes. A cada incremento de 17°C, se reduce el tiempo a la mitad.

Las plantas modernas de deodorización usan para mantener en el vacío eyectores de vapor de tres pasos, de paso múltiple provistos de condensadores barométricos, manteniendo una presión absoluta de 5-6 mm de Hg. En el caso de estos eyectores, el vapor consumido por estos y el vapor de inyección es de --- 3.75 a 1, el consumo de agua de refrigeración es de 125 l/Kg de vapor.

El calor que se requiere para elevar la temperatura del aceite y mantenerlo en la temperatura adecuada para la deodorización puede suministrarse por medio de circulación de la carga de aceite por una serie de tubos de un horno calentado por-

llama directa de gas, éste método es inconveniente ya que no se logra una circulación sin que haya puntos muertos, daños a la carga por una interrupción accidental de la circulación, -- disposición de una capa de aceite en el interior del tubo que exige limpieza periódica.

Otro método de calefacción es el empleo de un aceite mineral estable al calor, que se calienta a fuego directo en un -- horno que se circula por conductos de calefacción en el interior del deodorizador. Otro método es el empleo de intercambiadores de calor. El método mas satisfactorio es el Dowtherm, --- nombre comercial de la mezcla eutéctica de difenilo y óxido de difenilo que permite conseguir por su alto punto de ebullición temperaturas adecuadas a bajas presiones. El uso de resistencias eléctricas también es usual, también agua sobrecalentada.

Se debe evitar la reacción del aceite con el oxígeno, ya que una ligera oxidación altera la estabilidad de éste y daña su sabor, para evitar esta posible oxidación, se protegen las entradas contra la introducción de aire antes de que éste sea enfriado. Se debe procurar que el aire no entre por los accesorios que se encuentran por debajo del nivel del aceite, en los calentadores exteriores, en refrigerantes bombas y recipientes.

Para construir el equipo se recomiendan metales o aleaciones especiales, el aluminio y el níquel están desprovistos de efecto pro-oxidante del aceite. El aluminio se usa poco por su falta de resistencia estructural a altas temperaturas y la dificultad que presenta a la limpieza de películas de aceite polimerizado.

El destilado graso que proviene del deodorizador está for

mado por ácidos grasos libres, aceite neutro y productos insaponificables, los primeros al ponerse en contacto con el agua del condensador barométrico, reaccionan con el carbonato de calcio del agua dando jabones cálcicos que está formado casi en su totalidad de compuesto saturados, ya que el calcio reacciona preferentemente con los ácidos grasos saturados.

El producto destilado aparece como materia floculante que sube a la superficie y coagula por reposo en el agua del condensador. El agua se descarga dentro de grandes estanques, con una velocidad que permite que la materia grasa suba a la superficie, de donde se decanta. Después se calienta para separar el agua ocluida, se usa como materia prima para jabones. Si el contenido de tocoferoles está entre 3 y 8% se puede someter a un proceso de recuperación.

Del vapor que sale, después de enfriar se precipitan porciones considerables de materia grasa destilada. Con las bajas presiones y altas velocidades del vapor que se usa en la deodorización, es difícil separar o condensar gran parte de los destilados antes de que lleguen a los condensadores; los separadores colocados en las líneas de vapor, para eliminar la grasa ocluida mecánicamente, actúan también como condensadores parciales, que recogen parte del destilado. La grasa neutra condensa más rápido que los insaponificables y estos antes que los ácidos grasos. Si los separadores recogen poco aceite arrastrado por oclusión, el producto puede ser muy rico en tocoferoles.

Los sistemas de deodorización pueden realizarse por tres métodos: continuo, discontinuo o semicontinuo. Figs. # 23, 24, 25 y 26.

Se acostumbra agregar al aceite para aumentar su resistencia a la oxidación ácidos láctico, ácidos fosfórico, tartárico o cítrico en concentraciones del 0.005% al 0.01% por tener pocas sustancias naturales que actúan como antioxidantes (fosfátidos, compuestos fenólicos y otros).

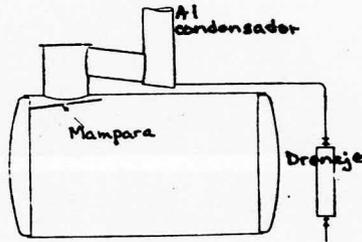


Fig. # 23. Croquis de un deodorizador horizontal.

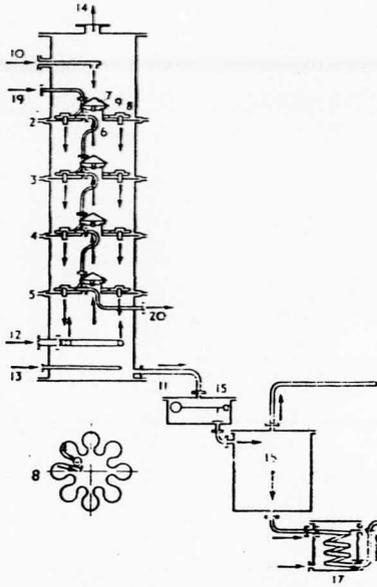
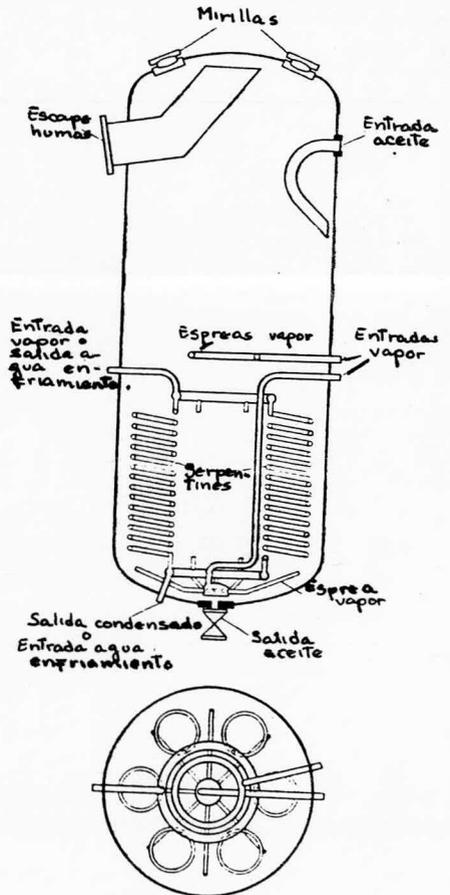


Fig. # 25. Deodorizador

Fig. # 24. Deodorizador continuo.



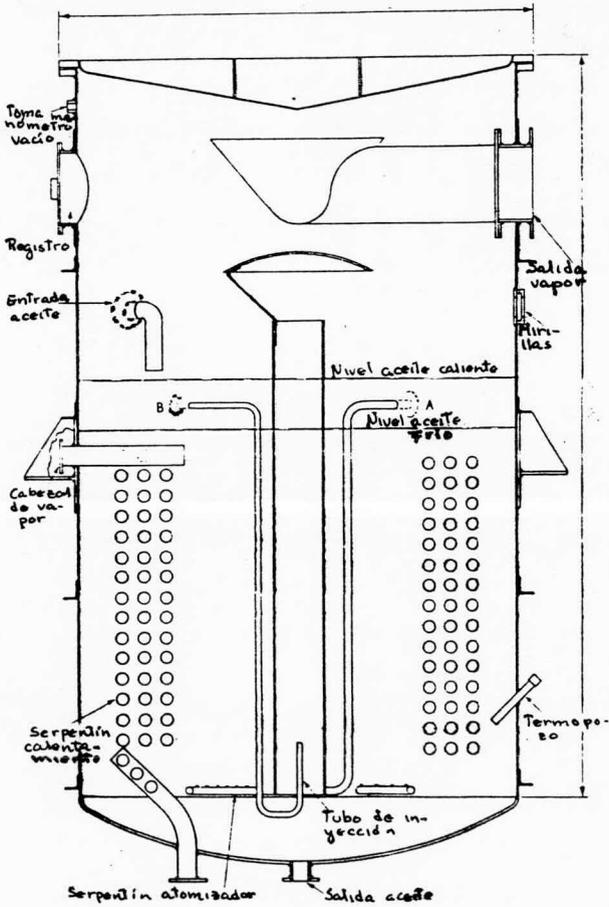


Fig. # 26. Deodorizador de doce toneladas.

CAPITULO X
METODO PROPUESTO

Se ha mencionado la importancia que tiene la materia prima en la calidad de un aceite y los controles de las variables de cada uno de los procesos a que se someten antes de ser envasados. Desde el punto de vista comercial el rendimiento es importante, éste se obtiene relacionando el peso final de aceite, con respecto al peso inicial de aceite crudo que se refina, -- también es importante el aprovechamiento que se les dé a los subproductos, lo que puede hacer que un proceso sea mucho mas-costeable.

El tipo de extracción y refinación propuestos para la obtención del aceite de Palma China, se muestra en el diagrama # 2 , este está propuesto en forma general, a continuación se describe mas a fondo cada uno de los pasos a seguir.

Se espera que la obtención del aceite de Palma China, sea realizado por compañías que se dedican a la extracción de aceites, ya que esta situación permitiría el empleo del equipo --- existente en ellas para la extracción y la refinación, lo que conduciría a un aumento en el volumen de producción sin que se requieran grandes inversiones en instalaciones y equipo. En caso de que la extracción del aceite partiese de una nueva compañía se requeriría hacer el estudio correspondiente de costos.

1.- Recolección de la semilla.- La recolección de la semilla se realiza al recolectar el fruto, debido a que se encuentran acomodadas en el centro del mismo. La temporada de cosecha abarca usualmente de octubre a enero, aunque ésta se puede alargar.

El dátil se recolecta manualmente por medio de cuadrillas, el guía de ella, se encarga de marcar los árboles que tienen dátil en madurez adecuada para ser cortados, después de esto una parte de la cuadrilla se encarga de cortar los racimos de dátil valiéndose de garrochas, cuando el dátil ha sido empacado en los costales, la otra parte de la cuadrilla se encarga de a carrearlo a los camiones que lo transportarán al sitio en que será procesado, donde se almacenará en bodegas hasta el momento en que se vaya a industrializar.

La forma en que se recolecta el dátil favorece que éste llegue a la planta con un elevado número de partículas extrañas como son: piedras, astillas, pedazos de insectos, de metal, hierbas etc.

Con el objeto de separar la semilla del dátil, se emplea un rotor con aspas, que al girar golpean al dátil, el primer golpe lo abre, otro separa la carnaza y algunas partículas extrañas a la semilla, al final de esta separación y limpieza parcial, la semilla queda con un 20% de impurezas. El alto porcentaje de impurezas restantes obliga a realizar una limpieza mas profunda.

Si la semilla ya separada de la carnaza va a procesarse en el sitio en que se separó, se recomienda que se realice la limpieza en seguida y después se almacene en silos, en el caso contrario, la semilla se vuelve a empacar en costales de yute y se transporta al sitio en que será procesada.

2.- La limpieza de la semilla, deberá eliminar al máximo el contenido de impurezas, que son las mismas que trae la semilla, mas semilla deteriorada y pedazos de carnaza.

La limpieza de la semilla puede realizarse de tres formas, estos tres métodos se describen en el capítulo V "Limpieza y-- Almacenamiento de la Semilla":

- a) Mesa de gravedad
- b) Separación por color.
- c) Sistema de cribas.

Los dos primeros han sido probados por la Comisión Nacional de Zonas Áridas. El método de limpieza de separación por color es muy efectivo en lo que se refiere a eliminar las impurezas, pero es un método lento, se puede limpiar 1 Kg/min. El método de la mesa de gravedad es más rápido, pero no elimina tan bien las impurezas deja a la semilla limpia con un 4.5% de impurezas, este dato es bastante bajo; como se describió en el Capítulo V, la semilla se alimenta en la tolva y circula por la cubierta porosa que tiene dos pendientes y un movimiento vibratorio, con ayuda del aire a baja presión. En la zona media se acumulan las partículas de media velocidad, quedando con 4.5% de impurezas, la velocidad de estas semillas es media comparada con las demás, las semillas huecas o dañadas poseen menor densidad, por lo cual su velocidad será mayor, junto con las impurezas ligeras como astillas, hierbas, hojas etc., se acumulan en el otro extremo de la mesa están formadas básicamente por piedras, pedazos de metal etc., quedando semilla con un 53% de impurezas.

Analizando las características de los métodos probados para la limpieza de la semilla, se recomienda el último método, ya que la semilla queda con un bajo contenido de impurezas y la cantidad de semilla que puede ser limpiada es mayor comparada

con el método de separación por color. La cantidad de semilla que se limpie por minuto dependerá de la alimentación que se dé a la tolva y la abertura de la misma.

3.- El almacenamiento de la semilla debe realizarse bajo las condiciones mas apropiadas, con el objeto de evitar que el aceite contenido en ellas resulte dañado por acción enzimática.

El almacenamiento de la semilla debe realizarse después-- de haber eliminado las impurezas y la semilla dañada, ya que - en caso contrario los riesgos que se corren de que se dañe el - aceite aumentan.

Se recomienda que la semilla de Palma China se almacene-- en silos, los cuales deberán tener paredes y techos impermea-- bles, ser sólidos, estar ordenados y poseer un buen manteni--- miento para que su manejo sea lo mas sencillo; deberá poseer-- dispositivos mecánicos para la extracción de la semilla y ---- transporte posterior a la planta. El tipo de silo que se propo ne es de concreto reforzado redondo es un silo de alto costo-- inicial, pero que no requiere de un mantenimiento especial y - presenta resistencia lateral a la presión en el muro verti cal y en consecuencia tiene bajo peso.

La semilla que se va a almacenar debe tener la humedad -- mas adecuada, con el objeto de evitar que la alta humedad favo rezca una serie de cambios bioquímicos que dañarían a la semi lla. Se recomienda que la humead con que se almacene sea 10%. En caso de que la humedad sea mayor debe disminuirse a que que de dentro del rango recomendado, por medio del uso de un seca dor rotatotio.

También se recomienda el inactivar las enzimas presentes

en las semillas que por medio de un inhibidor químico, ya que el método de inactivación por calor es difícil por la baja conductividad térmica de las semillas, algunos de los inhibidores empleados son: dipropionato de propilen-glicol y los 4,6-bis-clorometil benceno y xileno, añadidos en una concentración del 0.3% en peso de las semillas, la selección de el inhibidor requiere pruebas de efectividad y costos.

4.- Preparación de la semilla.- Se ha mencionado la importancia que posee el descascarillado de la semilla con relación al rendimiento. La semilla de Palma China posee una cascarilla de pequeño espesor y gran dureza, por lo que para eliminarla se recomienda el uso de un método combinado químico-mecánico. La Comisión Nacional de Zonas Áridas realizó pruebas de descascarillado ninguno de los métodos fue efectivo al aplicarse por separado. Se recomienda aplicar una solución de ácido o alcali y después un método mecánico de descascarillado, que debe realizarse después de disminuir la humedad de la semilla al contenido original, esto con el objeto de no incurrir en desintegraciones que causarían problemas en la máquina descascarilladora, por haber aglomeraciones de las semillas, lo que provoca disminución en la velocidad de movimiento y pérdida de un 7% de la saponina presente en la semilla. El tipo de descascarillador empleado se deberá seleccionar según pruebas de eficiencia y costos, pudiendo ser de barra o de disco.

5.- Molienda de la semilla.- La molienda es un paso importante en la extracción de aceites, el tamaño de partícula que se deberá obtener de la molienda depende del tipo de extracción

que se vaya a emplear, su importancia se ha mencionado en el capítulo correspondiente. En el caso de la semilla de Palma -- China se recomendará una extracción por solventes, por lo cual el tamaño de las partículas deberá ser fino, para favorecer la difusión molecular del aceite y el disolvente.

Para la molienda de la semilla de Palma China se recomienda el siguiente proceso que ha sido probado experimentalmente por la Comisión Nacional de Zonas Áridas:

Emplear un molino de disco Bauer, del que se obtendrán -- partículas que pasen por una malla 30, con recirculación de la fracción gruesa. Este tipo de molino posee discos intercambiables números 6983 y 6912A, que se emplean para una mayor o menor grado de molienda así como una mayor o menor velocidad de molienda.

6.- Laminado.- Para la extracción por disolventes se requiere obtener escamas grandes y coherentes, el laminado se -- puede llevar a cabo en una laminadora industrial de Smet, que ha sido probada por la Comisión Nacional de Zonas Áridas. El laminado debe llevarse a cabo en un solo paso a través de los rodillos con una humedad que oscile entre 8 y 11% y triturando en caliente a una temperatura de 60-70°C.

7.- Extracción por disolventes.- El tipo de extracción -- propuesta para la extracción de aceite de Palma China es por disolventes, por ser éste método recomendado para semillas con alto contenido de aceite, por ser un método que proporciona -- rendimientos altos si se le compara con la extracción mecánica, quedando en la torta un mínimo de aceite 1% y por ser un método que se realiza automáticamente casi en su totalidad, lo que per

mite ahorros en cuanto a mano de obra.

Existen dos tipos de extracción por disolventes, ya sea continuo o discontinuo, ambos han sido mencionados en el capítulo correspondiente. Se propone que para la extracción del aceite de Palma China se emplee el sistema continuo o contracorriente, ya que haciendo comparaciones entre los dos se ha visto que el continuo presenta ventajas sobre el discontinuo por permitir ahorros en energía, vapor, material y mando de obra. El disolvente empleado para la extracción puede ser hexano o heptano que son los mas empleados para estos casos.

La selección del equipo y del disolvente mas adecuados deberá realizarse después de haber hecho un estudio de laboratorio y uno a nivel planta piloto, en el que además se analizan las eficiencias costo y ventajas de un equipo con otro y de un disolvente con otro.

Se debe tener la precaución de eliminar el disolvente de la micela por evaporación. El extractor y los condensadores deberán estar conectados a condensadores por recuperadores de vapores de disolventes, que permitirán no se pierda disolvente y el proceso se vuelva mas económico.

Antes de continuar con la refinación del aceite, éste requiere de una filtración, que eliminará todas las impurezas insolubles, como lo son pedazos de semilla y tejido celular que tienen lipasas, y pueden dañarlo en presencia de pequeñas cantidades de humedad. Para eliminar esas impurezas sólidas, se recomienda que el aceite se someta a una filtración, en la que el medio filtrante retendrá las partículas sólidas, en filtros

prensa.

8.- Desgomado.- El desgomado es un proceso que se recomienda se aplique a aceites que se destinarán para consumo humano, con el objeto de eliminar gomas mucílagos y proteínas, éste -- proceso también evitará problemas y grandes pérdidas en el procesamiento posterior del aceite. El desgomado, tal como se dijo, eliminará algunas impurezas del aceite, pero junto con ellas - eliminará también un cierto porcentaje de grasa neutra (0.1%-- 0.2%). Si se llevan a cabo los controles de las variables que - afectan el proceo (tiempo de duración, cantidad de reactivo y- temperatura del proceso), las pérdidas estarán en un rango bajo, lo que hará costeable el proceso.

Existe una gama de métodos que se pueden emplear para --- llevar a cabo el desgomado, de entre estos se propone para desgomar el aceite de Palma China, el desgomado por alcali, por - ser el método mas usual en la industria y por no presentar muchos problemas en su manejo. Si se compara éste método con o-- otros, se ve que desgomado de alcali presenta ventajas sobre el resto, el desgomado por ácido puede provocar coloraciones ex-- trañas en el aceite y ataque sobre los glicéridos en caso de - emplear reactivo en exceso; el desgomado por hidratación re--- quiere que se emplee la cantidad exacta de agua, ya que un --- exceso de esta permitirá fermentaciones de las gomas separadas; el desgomado por reactivos especiales y por medio de adsorbentes requieren que se realizen estudios sobre cual de estos provoca la floculación con mayor rapidez, cosa que no se presenta con el desgomado por alcali. La desventaja de este proceso es que si se usan grandes cantidades de el alcali como reactivo se

•

pueden provocar ataques sobre los glicéridos.

Después de haber realizado el desgomado, se recomienda que se filtre el aceite con el objeto de eliminar la solución jabonosa que se forma al combinarse el alcali con algunos ácidos grasos libres y que acarreará con ella las gomas y proteínas.

9.- Neutralización.- La neutralización es la parte del proceso de refinación, que se encarga de la eliminación de los ácidos grasos libres que se encuentren en el aceite, es importante eliminarlos, los ácidos grasos de bajo peso molecular le proporcionan al aceite sabores desagradables. La neutralización no solo elimina a los ácidos grasos libres, también elimina una pequeña parte de la grasa neutra, ya sea absorbida o emulsificada en la solución jabonosa formada, otra parte en forma de jabón por la saponificación de grasa neutra al emplear un exceso de alcali en la neutralización. Se debe procurar que estas pérdidas sean lo mas pequeñas posibles. El factor de refinación (pérdidas por neutralización por % de ácidos grasos libres), debe estar enre 1.3 y 2.0. El aceite ocluido por absorción o emulsificación se puede recuperar acidulando la solución jabonosa, después de haberla separado del resto del aceite, con algunas pérdidas. La solución jabonosa obtenida de la neutralización contiene muchas impurezas y productos de degradación, es un producto de baja calidad.

Para llevar a cabo la neutralización del aceite de Palma-China, se recomienda la neutralización con sosa por el método seco, ó de lejía concentrada. La cantidad a usar de la sosa dependerá de la concentración de ácidos grasos libres en el aceite, para determinar esto se emplearán las tablas adecuadas, se

leccionando el exceso adecuado para no provocar grandes pérdidas de grasa neutra por saponificación. Aparte de lograr la precipitación de los ácidos grasos libres en forma de jabones sólidos y barros, se provoca una decoloración parcial del aceite, para lograr esto se requiere una agitación adecuada para que se combinen los ácidos grasos y no la grasa neutra. Se recomienda este método sobre los demás ya que ofrece menos problemas que los otros. El emplear la neutralización por el método de la sosa diluida, puede provocar que se formen emulsiones y se recomienda en general para aceites cuya concentración en ácidos grasos libres es baja, ya que para aceites con un alto porcentaje de ácidos se requieren grandes cantidades de solución diluida de alcali. El emplear el método de las concentraciones combinadas presenta los mismos problemas que el de la sosa diluida y se requieren emplear excesos de hasta un 10 a 20%. La neutralización por medio de carbonatos presenta el inconveniente de la formación de CO_2 y espumas. El emplear cal y otros reactivos para la neutralización provoca dificultades en el filtrado del jabón granulado que se forma. La neutralización por destilación presenta varios inconvenientes, se requiere el uso de equipo especial que no se corroa con facilidad (aceros inoxidable), que son caros y para una eliminación total de los ácidos grasos libres, se recomienda una neutralización final con alcali. La separación de los ácidos grasos lograda por medio de una extracción con disolventes, tampoco es completa y requiere el uso de solventes puros, para eliminación total de los ácidos grasos se recomienda una neutralización final con alcali. La neutralización por reesterificación es un método pe

poco económico. Por último la neutralización por adsorbentes--selectiva, proporciona grandes dificultades técnicas en la práctica y además también se eliminan sustancias importantes que no debieran ser eliminadas.

Antes de continuar con el proceso de refinación, se recomienda se lleve a cabo una filtración, para eliminar completamente los jabones y barros que se precipitan en forma sólida - en el aceite. La filtración puede llevarse a cabo en filtros - prensa.

10.- Decoloración.- La decoloración es un paso importante en la refinación de aceites comestibles. Al eliminar la coloración intensa de un aceite en proceso de refinación, le dá la - presentación mas adecuada para el gusto del consumidor.

La decoloración elimina todas aquellas sustancias que le proporcionan color a un aceite, ya sean aquellas sustancias - naturales presentes en las semillas o aquellas que se producen como resultado de un mal almacenamiento.

Durante la refinación se producen diversas pérdidas de aceite neutro, una de las mayores se encuentran en este punto - de la refinación, ya que el adsorbente empleado para la decoloración adsorbe de un 1.3 - 1.7% de grasa neutra, de la cual se puede recuperar por varios métodos de un 1.0 - 1.4%, pero como una grasa de baja calidad, por lo que es en si una pérdida en el rendimiento final del aceite.

Para la decoloración del aceite de Palma China, se reco--mienda para aceites que se destinarán para consumo humano. Los métodos químicos son buenos, pero no se recomiendan para aceites de consumo humano, ya que se corre el riesgo de un ataque-

del reactivo empleado para la decoloración sobre los glicéridos de la grasa neutra, lo que afectaría grandemente el sabor. Los métodos químicos evitan las pérdidas por adsorción.

La selección de la mezcla de arcilla-carbón mas adecuada para la decoloración deberá determinarse experimentalmente, observando que se obtenga la mejor decoloración con el menor precio, menor retención del aceite en el adsorbente y que se obtenga una buena velocidad de filtración.

La filtración del aceite para eliminar al adsorbente con las substancias coloridas y restos de jabón y materia coloidal, se recomienda se realiza en filtros prensa, con marcos de madera y telas resistentes a la corrosión, calentando con vapor de agua para evitar solidificaciones. Al finalizar la filtración, se recomienda pasar una corriente de vapor de agua para extraer parte del aceite retenido en el residuo.

El residuo contendrá un 35% de aceite, porcentaje que es elevadísimo y debe disminuirse al máximo, se recomienda para esta separación una extracción por solventes.

10.- Decoloración.- La decoloración es el último paso de la refinación de aceites comestibles, que en caso de aceites para consumo humano se aplica para eliminar todas aquellas substancias que producen olores desagradables en ellos y darles en esta forma la presentación final mas adecuada para el gusto del consumidor.

Las substancias que proporcionana olores desagradables a los aceites pueden ser naturales, se encuentran presentes en la semilla, o formados durante el procesamiento inadecuado y mal almacenamiento de los mismos.

Una deodorización llevada a cabo con los controles adecuados dará al aceite de buena calidad una gran estabilidad. Las pérdidas con respecto al peso total del aceite de substancias odoríferas varía entre 0.1 y 0.2%, pero al igual que con los demás pasos de la refinación, también en este se pierde grasa neutra, subiendo el porcentaje de pérdidas hasta un 0.5%.

El destilado graso que se obtiene del deodorizador es un producto de baja calidad que flocula al reaccionar con el carbonato cálcico del vapor de agua empleado y que condensa en la superficie con el agua del condensador por reposo.

Para la deodorización mas adecuada del aceite de Palma -- China, se recomienda se hagan pruebas experimentales de la cantidad de vapor que se deberá inyectar, la temperatura del proceso, el vacío y el tiempo, ya que de esto depende se obtenga el aceite de mejor calidad, con la mayor estabilidad, al menor precio. La acidez que se produce en el aceite es baja, no afecta la calidad del mismo y se puede determinar facilmente. Para esto se debe tomar en cuenta que un aumento de 17°C en la temperatura de proceso reduce el tiempo a la mitad y que a mayor vacío, se requiere menos vapor.

Después de que el proceso de deodorización ha terminado y se ha decantado de la superficie el destilado graso coagulado, se recomienda una filtración y almacenamiento en grandes tanques antes de llevar a cabo el envasado del aceite, con el objeto de que se decanten todas aquellas partículas que no se hayan eliminado en la filtración y que se acumule en la superficie el agua que haya podido quedar ocluida en él. El eliminar el agua y las partículas que queden en el aceite, nos dará un producto

de mejor calidad, que podrá ser envasado y pasar las pruebas--
de control de calidad sin problemas.

El envasado se recomienda se lleve a cabo en recipientes--
de un litro de plástico.

CAPITULO XI

CONCLUSIONES

El crecimiento demográfico, es un problema de importancia mundial, ya que es mayor al aumento en la producción de alimentos. Los aceites y las grasas son parte de los alimentos cuya producción requiere ser aumentada para contrarrestar las necesidades creadas por el crecimiento demográfico. De esta observación se concluye la gran importancia de aprovechar todos los recursos de los cuales se puede extraer alimentos.

En México, la gran extensión territorial abarcada por zonas áridas y semiáridas, la consecuente limitación de la flora y la fauna, la necesidad de aumentar la producción de alimentos, exige se aprovechen los recursos existentes en estas zonas. Estudios sobre la Palma China, planta desértica que ocupa 1.5 millones de hectáreas en México, demuestran que su fruto presenta posibilidades de explotación. De la carnaza del fruto se pueden elaborar diversos productos como licores, vinagres, dulces, biomasa, los cuales pueden introducirse al mercado con grandes posibilidades de aceptación, de la semilla se puede extraer la sarsasapogenina, esteroide importante para la industria farmacéutica y de la semilla también puede extraerse aceite para emplearse en consumo humano.

El aceite extraído de la semilla de Palma China, posee características muy similares a las del aceite de cártamo, esto se observa del análisis de las características de ambos aceites. Para observar las posibilidades reales del aceite de Palma China, se requeriría realizar un estudio de mercado y analizar después si presenta aceptación similar a las del aceite de

Cártamo.

El proceso de obtención propuesto no presenta grandes dificultades, la determinación final del proceso requiere realizar pruebas en planta piloto. El proceso de obtención de aceite de Palma China se asemeja al empleado en la obtención de -- aceite de Cártamo, esta situación permitiría que las industrias que se encargan de extraer aceite de cártamo, se dediquen a extraer el aceite de Palma China,, sin requerir una gran inversión de dinero y aumentando su producción de aceites.

En caso de que lo mencionado en el párrafo anterior no se pueda realizar, sería necesario hacer un estudio sobre los costos de inversión requeridos para equipo, instalaciones y personal. El valor de la inversión se vería justificada por el valor comercial de los productos obtenidos (aceite, esteroide y pasta para forraje).

Como beneficio secundario de la extracción del aceite y - subproductos de la semilla de Palma China, se aumentaría el aprovechamiento de los recursos de las zonas en que crece la -- Palma China, también se obtendría el beneficio de proporcionar trabajo a los habitantes de estas zonas, durante la recolección del dátil.

Las posibilidades que presenta la explotación de la semilla del dátil de Palma China son muy interesantes, se al--canzarían varios objetivos como son el aumentar la produc--ción de aceites comestibles,(parte de la dieta diaria de todo-individuo) materia prima para la industria farmacéutica y - para la industria dedicada a la elaboración de alimento para - animales.

B I B L I O G R A F I A

1. BAILEY A.E.
Aceites y Grasas Industriales
Ed. Reverté, S.A.
México, 1966
2. ANDERSEN A.J.C.
Refining Fats and Oils
Pergamon Press LTD
London, 1953
3. WATERMAN H.I.; REVALIER L.J.; BOELHOUWER
Hydrogenation of Fatty Acids
Elsevier Publishing Co.
New York, 1951
4. VILLA V.J.
Contribución al Conocimiento de la Ecología
y de la Distribución Geográfica de Y. Filife
ra y Y. decipiens en el Estado de San Luis-
Potosí.
Tesis IPN; Escuela Nacional de Ciencias Bio-
lógicas.
México, 1967
5. GAZCON M.
Industrialización del Datíl de Yucca filife
ra.
CONACYT/CONAZA
México, 1973
6. CASARES R.
Tratado de Bromatología
Ed. Cásares
Madrid, 1968
7. MEYER L.H.
Food Chemistry
AVI Publishing Co.
Westport, 1978.
8. JOSLYN M.A.; CRUESS W.V.
Food Processing Operations
AVI Publishin Co.
Westport, 1964, Vol. II
9. AMOS A.J.; BILLIONGTON A.E. et al.
Food Industries Manual
Leonard Hill Limited; Ninth Edition
London, 1962

10. DESROSIER N.
Conservación de Alimentos
Ed. Continental
México, 1976
11. POTTER N.N.
La Ciencia de los Alimentos
Ed. EDUTEX S.A.
México, 1973.
12. CHENA L.R.
Procesamiento Primario de la Semilla de la
Palma China. Proceso Exploratorio
Tesis UNAM; Facultad de Química
México, 1976