

3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**EXTRACCION Y REFINACION DE ACEITES
VEGETALES COMESTIBLES; CONTROL DE
MERMAS EN EL PROCESO DE REFINACION**

**MEMORIA DE DESEMPEÑO
P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A
OSCAR CASTILLO AGUILAR**

ASESOR: DR. SARA E. VALDES MARTINEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
 FEDERACIÓN NACIONAL
 DE ESTUDIOS SUPERIORES
 CUAUTITLÁN

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Memoria de Desempeño Profesional:

Extracción y Refinación de aceites vegetales comestibles; control de mermas en el proceso de Refinación.

que presenta el pasante: Oscar Castillo Aguilar
 con número de cuenta: 8842100-1 para obtener el título de:
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de Febrero de 2001

RESIDENTE	<u>I.B.Q. Jaime Flores Minutti</u>	
LOCAL	<u>Dra. Sara E. Valdes Martínez</u>	
SECRETARIO	<u>I.Q. Oscar Germán Ibarra</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Carolina Moreno Ramos</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.A. Ana Ma. Soto Bautista</u>	

AGRADEZCO A:

DIOS:

POR AMARME, DARME LA OPORTUNIDAD DE VIVIR Y RECIBIR TODO LO DE SU CREACIÓN, RECIBIR SU GRACIA Y PERDÓN, ENSEÑARME EL CAMINO DEL CONOCIMIENTO DE LA VERDAD; POR SU GENEROSIDAD Y BONDAD INFINITA. POR LA FE Y ESPERANZA QUE ME HA DEJADO EN MI CORAZÓN.

MIS PADRES:

CELIA Y RAMÓN POR SU AMOR Y APOYO QUE ME HAN BRINDADO DURANTE TODO EL TIEMPO, POR SUS CONSEJOS Y SABIDURÍA, POR LA ALEGRÍA Y EDUCACIÓN QUE ME OTORGARON, LA PACIENCIA, TIEMPO Y DEDICACIÓN GRACIAS PAPAS.

A WENDY:

POR SER LA FLOR QUE ABRIO UN CAMINO EN EL DESIERTO Y SER UN ALICIENTE MAS PARA VIVIR, POR TU AMOR, CARIÑO, TERNURA, AMISTAD, COMPRENSIÓN Y PACIENCIA TE I LOVE YOU POLLA

A MIS HERMANOS:

SUSY, FELIX, RAMON, MALENA, ALEX; POR SER COMPAÑEROS Y AMIGOS EN TODO MOMENTO, POR EL APOYO Y HERMANDAD QUE VIVIMOS EN LA SANGRE EN MOMENTOS DIFÍCILES. GRACIAS HERMANOS

A MIS PROFESORES:

POR SU CULTURA, DEDICACIÓN, ESMERO Y TALENTO QUE ME CEDIERON, POR TODOS SUS CONOCIMIENTOS QUE ME BRINDARON, EL TIEMPO Y SABIDURÍA QUE CON PACIENCIA ME DIERON PARA CULMINAR ESTA ETAPA

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

JULIO, ALFREDO, ARTURO, SIR, ANA, MARIBEL, BLANCA Y DEMÁS POR SER PARTE DE ESTA ETAPA EN MI VIDA Y APOYO EN TODO MOMENTO

A MI ASESORA:

DR SARA QUE ME BRINDO TODO EL RESPALDO Y ASESORÍA A LO LARGO DE MI DESEMPEÑO, LA SABIDURÍA, PACIENCIA Y CULTURA GRACIAS

A LA UNIVERSIDAD:

POR SER LA BASE DEL CIMIENTO MAS GRANDE DE LA CULTURA, BRINDARME LA LLAVE DE FORMARME ACADÉMICAMENTE Y APOYARME DURANTE TODO MI TRAYECTO POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU.

A LA EMPRESA:

POR DARME LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR MI FORMACIÓN PARA CUMPLIR CON LOS OBJETIVOS Y POLÍTICAS ESTABLECIDAS.

INDICE

1	OBJETIVOS	3
	1.1 OBJETIVO GENERAL	3
	1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	3
2	RESUMEN.	4
3	LA INDUSTRIA DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES.	6
	3.1 EL NEGOCIO DE LA INDUSTRIA ACEITERA.	6
	3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES.	9
	3.3 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS.	15
	3.3.1 LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE.	15
	3.3.1.1 PREPARACIÓN DE LA SEMILLA.	17
	3.3.1.2 EXTRACCION DEL ACEITE DE LA SEMILLA.	20
	3.3.2 LA REFINACIÓN DEL ACEITE.	24
	3.3.2.1 DESGOMADO.	26
	3.3.2.2 REFINACION O NEUTRALIZACIÓN ALCALINA.	29
	3.3.2.3 BLANQUEO.	35
	3.3.2.4 DESODORIZADO.	38
	3.3.2.5 HIDROGENACION.	41
	3.3.2.6 SUBPRODUCTOS DE LA REFINACION	44
4	CONTROL DE MERMAS EN LA ETAPA DE REFINACIÓN (NEUTRALIZACIÓN).	47
5	CONTROL DEL PROCESO Y MERMAS EN LA ETAPA DE BLANQUEO.	52
6	PARAMETROS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE REFINACIÓN.	54
7	DISCUSIONES.	56
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
9	BIBLIOGRAFIA.	65

INDICE DE FIGURAS

1	CLASIFICACION DE LOS LÍPIDOS.....	11
2	FORMACIÓN DE LA MOLÉCULA DE TRIGLICÉRIDO.....	27
3	CLASIFICACION DE LOS ACIDOS GRASOS SATURADOS E INSATURADOS ..	13
4	DISTRIBUCIÓN DE ACIDOS GRASOS DE PRODUCTOS, ACEITES Y GRASAS..	14
5	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTES....	16
6	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA REFINACIÓN ALCALINA.....	25
7	PROCESO DE DESGOMADO Y PRODUCCIÓN DE LECITINA..	27
8	CONTENIDO DE FOSFATIDOS EN ACEITES CRUDOS..	28
9	COMPARACIÓN ENTRE LOS PROCESOS "SHOT MIX" Y "LONG MIX" EN LA REFINACIÓN CAUSTICA.....	29
10	PROCESO DE REFINACIÓN CAUSTICA.....	31
11	INFLUENCIA DE LA TIERRA CLARIFICANTE SOBRE IMPUREZAS CONTAMINANTES.....	36
12	PROCESO DE BLANQUEO.....	37
13	PROCESO DE DESODORIZACIÓN.....	40
14	PROCESO DE HIDROGENACION.....	42
15	SUBPRODUCTO DE LA REFINACIÓN CAUSTICA.	45
16	ANÁLISIS REQUERIDOS PARA LA PRUEBA DE REFINACIÓN (NEUTRALIZACIÓN)	49

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Presentar de manera técnica y sistemática los principales cuidados que se tienen que considerar durante el procesamiento de aceites vegetales comestibles en una industria aceitera, con el fin de reducir y controlar las mermas durante las diferentes etapas, enfocándose principalmente a la etapa de Refinación Cáustica ó Neutralización Alcalina.

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Describir las diferentes operaciones que se requieren para procesar un aceite vegetal comestible con el fin de conocer las diferentes etapas de los procesos para retirar los contaminantes indeseables que se encuentran presentes.

Realizar una revisión de los principios básicos de aceites y grasas vegetales comestibles.

Transmitir la información técnica tanto teórica como práctica para un correcto procesamiento de los aceites vegetales comestibles para obtener un producto de calidad, controlando las mermas de proceso enfocadas principalmente a la etapa de Refinación o Neutralización.

Informar de los aspectos más relevantes de las diferentes etapas del proceso que se adquirieron durante la experiencia laboral en una industria aceitera para un buen manejo de producto, reducir y controlar las mermas de insumos con prioridad a la etapa de Refinación ó Neutralización.

2 RESUMEN

En México el mercado de aceites, grasas vegetales y animales comestibles ha tenido y mantiene un auge de comercialización acrecentado, la importancia de estos productos abarca sectores de la industria alimentaria muy variada, desde el consumo de aceite doméstico en el hogar hasta las grandes industrias de fritangas o procesadoras de harinas, mayonesas, entre otras, que utilizan como parte de sus materias primas estos productos.

Las industrias aceiteras se han desarrollado para ofrecer productos cada vez más competitivos en costos y calidad, se han tenido que adaptar a los requerimientos y necesidades que los clientes y consumidores han estado demandando, ahora no solo abarca que el producto final se entregue al comprador a tiempo y a un costo adecuado, sino que también se ha requerido que el producto garantice que los procesos de fabricación sean operados conforme a normas de calidad establecidas y controles suficientes para la confiabilidad de los productos terminados. 20

El presente trabajo abarca el conocimiento de los diferentes procesos para obtener un aceite comestible para su comercialización, enfocándonos a las etapas de Refinación y en particular a la de Neutralización, esto con el fin de conocer estos procesos, como operan y reducir al mínimo las mermas que se pueden generar por un descontrol en las operaciones de la planta, así como mencionar los estándares reales que se manejan en insumos y recursos para la correcta operación y obtención de productos de calidad. El proceso de extracción no se le dará demasiado énfasis debido a que como se menciono anteriormente no es el punto a conocer fundamentalmente, sin embargo se mencionan y dan a conocer estas etapas para tener en cuenta lo que abarca toda esta industria y así poder detectar en un momento dado desviaciones en los procesos.

El desarrollo de esta industria esta enfocada hacia la automatización de los procesos, por lo que la tecnología empleada ha sido a lo largo de la historia muy similar en cuanto a etapas de proceso, aunque en la actualidad y en plantas modernas se tienen las tecnologías adecuadas a los requerimientos necesarios, no dejan de llevar los mismos principios de los procesos básicos. Así mismo si una industria tuviese que adecuarse para realizar cambios en su tecnología, debería considerarse el estudio tiempo – costos – rendimientos, para determinar la conveniencia de estos, aunque en la actualidad el factor tiempo es demasiado limitado, no es el único que repercutiría de manera seria en la economía de la planta. 17

Estos conocimientos aportados son de gran utilidad para el personal involucrado en este tipo de industrias y para la gente que requiere información de los conocimientos básicos y sintéticos del procesamiento de los aceites comestibles, con el fin de entender y tener cuidado de lo que ocurre en los diferentes procesos de una industria aceitera para evitar fugas de recursos en materias primas, insumos, entre otros

La importancia de vigilar las operaciones del procesamiento de los aceites vegetales ha sido de esencial valor para evitar fugas de capital y reducirlas al mínimo. Una industria aceitera generará pérdidas en su materia prima original (aceite crudo) y a lo largo del proceso, diversos organismos han estudiado estas pérdidas y manejo estándares permitidos que se consideran normales; diversos factores como desgaste de equipo, mala calidad de la materia prima, formas de trabajo inapropiadas, fugas en equipos y accesorios, descuidos del personal, entre otros, han desviado y aumentado las pérdidas que no son justificadas y deben de tomarse medidas para su correcto nivel de aceptación. 17

Así mismo es esencial conocer las diferentes etapas del proceso, condiciones de operación, calidad de materia prima y producto para poder determinar las formas de trabajo más apropiadas para cada etapa del procesamiento, y de igual forma, verificar si realmente la eficacia de los procesos se está realizando con los rendimientos que han sido determinados dentro de los rangos aceptables. Una forma global de realizar esto de forma general es analizando los balances de materiales en periodos de tiempo determinados, por ejemplo un mes, y de esta manera conocer el rendimiento que se está teniendo y los costos generados por desviaciones que se tengan para tomar acciones de inmediato.

En una industria aceitera el control de las mermas de proceso puede estar a cargo de un departamento específico; el presente trabajo es elaborado basándose en la experiencia laboral del puesto de Auditor de Ingeniería Industrial, el cual tiene la función de reportar a la Gerencia del Departamento de Ingeniería Industrial, las pruebas efectuadas a nivel planta del monitoreo de los procesos para el adecuado control de pérdidas injustificadas de recursos (materias primas, insumos, tiempos etc.), con el fin de detectar desviaciones en las operaciones y reportar a las direcciones correspondientes para el control de dichos recursos 17

Las funciones principales de un Auditor de Ingeniería Industrial en una industria aceitera son:

- * Realización de pruebas de los diferentes procesos y formas de trabajo a nivel planta para reportarse a la Gerencia del Departamento.
- * Verificación y estudios técnicos a nivel planta para detectar y cuantificar pérdidas de recursos
- * Apoyo técnico que se requiera por la Dirección General para el adecuado control de pérdidas injustificadas en los procesos de producción
- * Reportar a la Gerencia del Departamento las auditorías realizadas a nivel planta del monitoreo de los diferentes procesos (principalmente la Refinación o Neutralización, también así llamado), para evaluar la calidad de trabajo y pérdidas de insumos 17

Un Ingeniero en Alimentos es capaz de evaluar cada una de estas funciones de manera fidedigna para reducir los costos de operación en una industria procesadora de aceites y grasas comestibles y de esta manera proporcionar los datos necesarios para corregir desviaciones de los procesos o verificar el adecuado control de los procesos de fabricación.

3. LA INDUSTRIA DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES

3.1 EL NEGOCIO DE LA INDUSTRIA ACEITERA

La industria de procesamiento de aceite vegetal en México ha estado creciendo. El mercado ha sido suministrado con aceite procesado por los productores nacionales. Con el tratado de libre comercio se tienen mayores posibilidades de que productores mexicanos de aceite vegetal comestible penetren en el mercado de Estados Unidos, sobre todo aquellos localizados en frontera norte de México. 20

La operación integrada de molienda y refinado ha mantenido los precios de aceite vegetal a un nivel competitivo, porque se reducen costos de compra-venta de la materia prima del aceite crudo. Aunado al incremento de presión competitiva, los consumidores industriales están exigiendo mayores entregas "a tiempo", esto hace que la carga de los inventarios de aceite se mueva hacia los procesadores. Los refinadores independientes de aceite se enfrentan a una competencia acrecentada de parte de los molineros-refinadores, al menos de que logren capturar algún nicho del mercado a través de la venta de productos especializados o individualizados.

Los elementos claves que pueden hacer exitoso a un productor de aceite son: 20

- 1) Calidad del producto
- 2) Entregas "a tiempo" a sus clientes
- 3) Cero defectos (sin rechazos del cliente)
- 4) Precio competitivo
- 5) Abasto suficiente y seguro de materias primas

Los puntos anteriores, serán descritos brevemente, por la importancia que tienen dentro de una Industria Aceitera, el orden de la descripción, no implica el orden de importancia de cada uno de los puntos

- 1) Calidad del producto:

La calidad del aceite al ser entregado al cliente es de suma importancia. La calidad del producto debe ser acorde a las especificaciones, garantizando la consistencia de embarque a embarque. El procesador del aceite debe de tener un conocimiento total de las especificaciones de su cliente y los conocimientos para poder lograrlo, tales como: 16

- a) Estándares de calidad de cada producto.
- b) Especificaciones indicadas por el cliente.
- c) Regulaciones FDA. aplicadas a los aceites, así como normas legales de cada país
- d) Estabilidad de cada tipo de aceite y formulaciones, así como mezclas.
- e) Costos actuales de cada tipo de aceite, así como indicadores financieros.
- f) Rendimientos de cada tipo de aceite.
- g) Costos de transportación, entre otros.

Estas especificaciones mencionadas anteriormente son acordes al cliente y deben ser acordadas entre las partes. 26

2) Entregas "a tiempo" al cliente

Este rubro se está volviendo cada vez más crítico porque los consumidores industriales están reduciendo sus inventarios cada vez más para reducir su costo. Además del costo, la calidad del aceite durante el almacenaje también debe considerarse, ya que este se deteriora. Por consecuencia el refinador tiene que procesar el aceite y entregar el material más fresco posible al cliente en tiempo. Así como el aceite no se puede procesar y almacenar totalmente en el lugar de procesamiento por periodos largos, el manejo a tiempo y la total programación de aceite son de total importancia.

3) Cero defectos (sin rechazos al cliente)

Esta es una área de máxima importancia para un negocio sostenido. La satisfacción del cliente es la clave para el crecimiento de cualquier corporación, el rechazo del cliente por baja calidad o incumplimiento de especificaciones del aceite puede impactar el negocio del productor de aceite en las siguientes áreas: 20

- a) Costo del transporte.
- b) Costo adicional de reproceso incluyendo pérdidas adicionales por el manejo del producto.
- c) Pérdida potencial del cliente al futuro.
- d) Demoras con otras entregas, pérdidas de tiempo.

Para evitar los problemas y el alto costo del incumplimiento, se debe trabajar para asegurar una calidad consistente y controlada de los procesos productivos lote tras lote para garantizar la completa satisfacción del cliente a lo que pida o especifique. Para lograr esa meta se debe tener la necesidad de contar con:

- Un programa comprensivo de aseguramiento de calidad en la planta.
- Personal operativo totalmente familiarizado con el proceso.
- Equipos de producción en óptimas condiciones, y para esto un programa de mantenimiento preventivo y correctivo adecuado.

4) Precio competitivo a la entrega

El costo del producto entregado deberá incluir cualquier costo incurrido desde la entrega del aceite crudo hasta el costo de entrega del aceite como producto terminado, además de considerar las pérdidas de cualquier índole. Se entiende que durante las operaciones de producción, las claves a bajo costo son:

a) Maximizar la producción de la planta, es decir, no encontrarse debajo del punto de equilibrio del cual se tiene que producir como mínimo para garantizar la economía de la planta; ésta deberá de operar a la máxima capacidad que se tiene instalada. Si esto no se puede lograr, alguno de los siguientes factores pudiera ser responsable, siempre y cuando se tenga la disponibilidad de la materia prima:

- El equipo no está en buenas condiciones.
- Los operadores y supervisores no están entrenados apropiadamente.
- Moral baja de los empleados.
- Alguna combinación de los puntos anteriores.

b) Minimizar costos de producción a través de control de. Materias primas e insumos, materiales de proceso. pérdidas de proceso y reprocesos

El tipo de materia prima utilizada por cada planta refinadora, es decisivo en el costo final del producto, esto debido a que los precios que rigen el mercado de semillas oleaginosas varían considerablemente entre cada tipo de semilla, así como por ejemplo, el grano de soya es mucho mas barato que el de girasol o cártamo; por lo que hay opciones de vender calidad y publicidad o de vender a un costo barato el producto; así mismo el precio negociado con los productores de semillas es punto importante para reducir en gran medida el costo final del producto.

Los materiales auxiliares del proceso, como los productos químicos, el agua de proceso, envase y embalaje, entre otros, se pueden ver afectados en cuanto al precio de compra de estos insumos, cambiará según la cantidad de materias primas adquiridas y el proveedor. Sin embargo, el nivel de uso dependerá totalmente de la calidad de operación, así como de la calidad del aceite en los diferentes niveles del proceso. Algunas plantas pueden presentar un uso mucho mayor de productos químicos y materiales; por lo que es importante estandarizar lo mas preciso posible los consumos para cada tipo de producto, así como monitorear estos datos y determinar los factores que son responsables del alto consumo de los diferentes insumos indirectos utilizados en cada proceso y posteriormente determinar maneras de reducirlos. 17

Las pérdidas del proceso deben de ser vigiladas con mucho cuidado El personal involucrado en el proceso debe de estar entrenado para tomar acciones correctivas en caso de haber pérdidas.

Una planta debe de contar con un buen sistema de inventario para que pueda verificar y reconciliar cualquier discrepancia diaria de control de inventarios. Se deben de realizar pruebas periódicas de balances de materiales en corridas largas para detectar cuantitativamente las mermas y condiciones de trabajo; algunas plantas cuentan con equipos automáticos que determinan el rendimiento El proceso puede ser comparable con las células cancerosas del cuerpo humano, las células cancerosas pueden crecer y llevar al cuerpo humano hacia la muerte, las pérdidas del proceso si no se corrigen a tiempo pueden afectar las ganancias de la compañía de múltiples maneras, desde un poco, hasta pérdidas importantes que podrían conducir a la quiebra.

El reproceso del aceite es una de las operaciones más ineficientes y que debe de evitarse al máximo. Este deberá ser minimizado a toda costa. Típicamente el reproceso no debe de representar mas del 1 al 2 % de la producción de la planta En muchas ocasiones no se analiza ni se pone mucha atención al reproceso de parte de la industria. Se deberá entender que cada vez que se reprocese un aceite se agrega al costo de producción de la planta y por ende reduce su ganancia 17

5) Abasto suficiente y seguro de materias primas

El productor de aceites deberá estar consciente de que un buen abastecimiento y almacenamiento de sus materias primas es el inicio para lograr que el negocio de la industria aceitera llegue a su objetivo primordial, es aquí donde la administración para los recursos debe de tomar todos los factores que involucran la disponibilidad de las materias, la compra de semilla debe estar vigilada con un programa de calidad para poder identificar los riesgos que involucran el manejo del grano. Los movimientos del mercado, factores climáticos y variaciones del costo de las materias primas deben de estar al día para que no sorprendan al productor de aceites, conduciendo a pérdidas económicas importantes. 17

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES

3.2.1 DEFINICIONES

En esta parte se abarca lo que se refiere a las definiciones de aceites y grasas, los diferentes tipos de semillas de acuerdo al origen, así como la descripción desde el punto de vista químico de estos productos.

Aceites y grasas

De acuerdo con las normas oficiales, se entiende por grasas o aceites comestibles, aquellos productos de origen animal o vegetal, obtenidos por métodos físicos (extracción por solvente o presión mecánica), denominándose aceites a los que se encuentren en estado líquido a la temperatura de ± 20 °C, y grasas a las que permanezcan sólidas a la misma temperatura. ¹⁶

Principales aceites comestibles:

Son comestibles los aceites vegetales obtenidos de las oleaginosas que mencionaremos a continuación ⁹

- Soya
- Palma
- Algodón
- Cartamo
- Coco
- Canola
- Girasol
- Ajonjolí
- Cacahuete
- Calabaza
- Oliva
- Maíz (corresponde al grupo de cereales)
- Otros que a juicio de la S.S.A. (secretaría de Salubridad y Asistencia) sean adecuados para ser consumidos como alimentos
- La mezcla de dos o más de los anteriores

Con excepción del aceite de oliva, obtenido por presión mecánica especial, los aceites comestibles deberán ser refinados y lavados de acuerdo con el reglamento de aceites y grasas comestibles de la AOCS (American Oil Chemists' Society) y tener como máximo las siguientes características: ^{13, 16 23}

- a) Humedad máxima 1%
- b) Porción no saponificable máxima 2 %
- c) Color correspondiente al 4.5 rojo de la escala de "Iovibond" o su equivalente en otras escalas, con excepción de aquellas en que haya sido autorizada la anexión del color.

Son no comestibles los siguientes aceites, ya sea en su estado natural o sometidos a cualquier tratamiento, ni se permite la mezcla con los considerados comestibles: ¹⁶

- De chilacayote: obtenido de las semillas del mismo.
- De nabo: obtenido de las semillas del nabo silvestre.
- De cacahuanache. obtenido de las semillas del mismo.
- De hiquerilla: obtenido de las semillas de la hiquerilla
- Otros que a juicio de la S.S.A no se consideren adecuados para la alimentación humana.
- La mezcla de dos o más anteriores. 16

Mantecas

Las mantecas pueden ser de dos orígenes: 16

1) Manteca de cerdo: Se entiende por manteca de cerdo, la grasa separada de los tejidos adiposos de cerdos sanos y que no pertenezcan a colas, huesos, patas, orejas, regiones con abscesos o tumores, ni vísceras ni contenido intestinal.

2) Mantecas vegetales: Son los productos obtenidos por hidrogenación parcial de los aceites vegetales comestibles, o bien, por mezcla de aceites vegetales comestibles no hidrogenados con aceites vegetales comestibles hidrogenados, con excepción de la manteca de cacao obtenida por presión mecánica.

Sebos

Se entienden por sebos todas aquellas grasas animales cuyo origen sea distinto al de la manteca de cerdo y que provenga de mamíferos, a excepción de los marinos. Serán considerados como comestibles, los sebos que reúnan las siguientes características. 16

- a) Proceder de bovinos, caprinos, ovinos u otros animales que la S.S.A. considere adecuados para la alimentación humana.
- b) Ser refinados y lavados.
- c) No contener grasa proveniente de.
 - Regiones donde haya magulladuras y golpes.
 - Regiones con abscesos o tumores.
 - Vísceras
 - Huesos, orejas, colas o patas
 - Contenido intestinal
 - Animales con algunas enfermedades que de acuerdo con el código sanitario de los Estados Unidos Mexicanos, los inhabilite para su consumo como alimento

Grasas compuestas:

Se entiende por grasas compuestas, a los productos elaborados por mezcla de mantecas y aceites vegetales comestibles con sebos animales comestibles o de manteca de cerdo con sebos animales y podrán llevar los siguientes nombres o denominaciones: 16

1. - Grasas comestibles: Son aquellas grasas compuestas que contengan menos del 35 % de sebo comestible.

2. - Grasas mixtas: Se denominaran a las que contengan una mayor proporción del 35 % de sebos comestibles pero menos del 60 % y deberán tener las mismas características mencionadas para las mantecas vegetales.

3.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS ACEITES Y GRASAS.

A continuación se explicará la parte química correspondiente a los aceites y grasas, de los cuales se encuentran dentro del grupo de los lípidos como alimentos, se mostrará una clasificación para tener un panorama general de cómo se agrupan

Químicamente, las grasas son los ésteres de ácidos grasos con el trialcohol glicerol. Sin embargo, el término grasa se ha utilizado tan ampliamente para designar sustancias de naturaleza lipóide, que cuando se quiere hablar de los ésteres glicéricos de ácidos grasos debemos decir grasas neutras (o verdaderas). 27

Los lípidos son sustancias que poseen las características siguientes:

- Son insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos del tipo del éter, el cloroformo, el benceno, hexano, etc.
- Se hallan en forma de ésteres de ácidos grasos o tienen capacidad para formarlos
- Son metabolizados por los seres vivos.

En la figura No. 1 de la clasificación de los lípidos se podrá apreciar el lugar de las grasas o aceites.

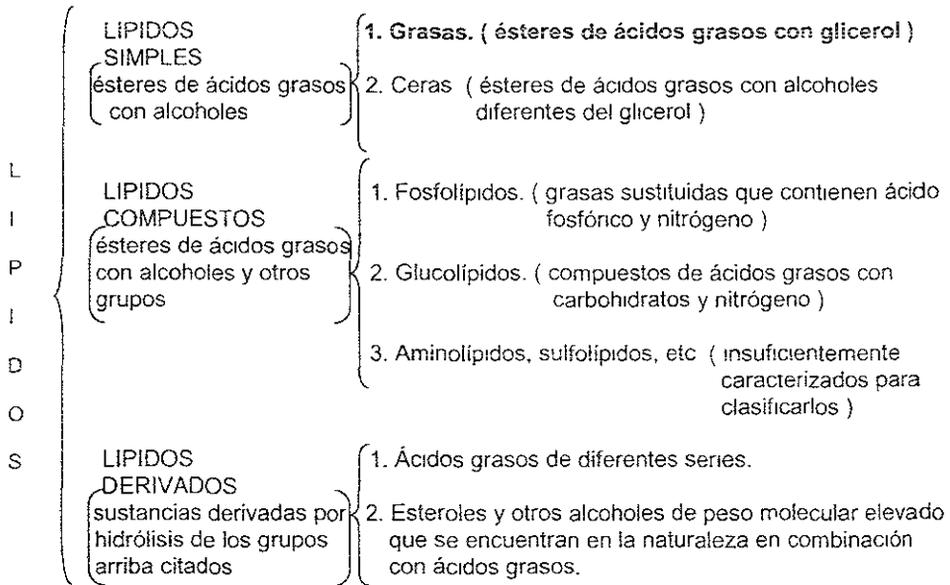


Figura No.1 Clasificación de los lípidos 14

Las grasas o aceites se encuentran dentro de los lípidos simples. Como se había mencionado anteriormente el término grasa o aceite se debe utilizar sólo para indicar el estado físico de la sustancia y no del grupo químico; se llama aceite cuando se encuentra en estado líquido.

Las grasas verdaderas son ésteres del alcohol glicerol con diferentes ácidos grasos de la fórmula general R. COOH, donde R representa la molécula de ácido graso menos su grupo -COOH. Como están esterificados los tres grupos hidroxilos del glicerol, las grasas son triglicéridos.

La típica molécula de grasa consiste en glicerol combinado con tres ácidos grasos:

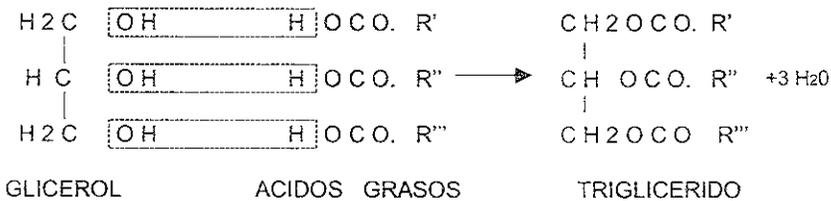


Figura No. 2 Formación de la molécula de triglicérido. 27

El glicerol tiene tres hidroxilos activos y los ácidos grasos tienen un carboxilo activo cada uno, por lo tanto, tres moléculas de ácido graso pueden combinarse con cada molécula de glicerol obteniéndose tres moléculas de agua. Hay unos 20 diferentes ácidos grasos que pueden ser ligados al glicerol en las grasas naturales. Estos ácidos difieren por la longitud de sus cadenas de carbonos y por el número de átomos de hidrógeno en estas cadenas 27

LOS ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos se obtienen por hidrólisis de las grasas, las grasas naturales generalmente contienen un número par de átomos de carbono (por que son sintetizados a partir de unidades de dos carbonos) y son de cadena lineal

La cadena puede ser saturada (sin dobles ligaduras) ó no saturada (con dobles ligaduras).

En la figura No. 3 se presenta una agrupación de los ácidos grasos con algunos ejemplos para tener un panorama global de su clasificación:

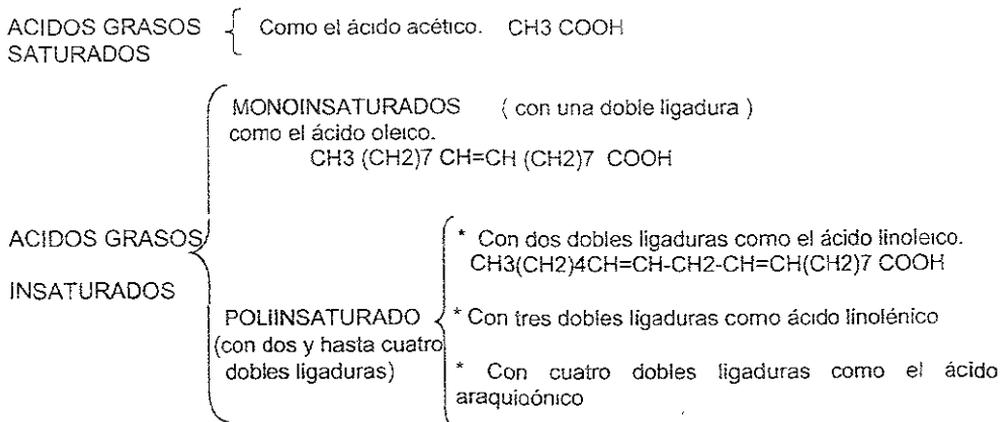


Figura No. 3 Clasificación de los ácidos grasos saturados e insaturados. 14

El término de saturado se refiere en cuanto al hidrógeno se encuentra en los ácidos grasos; así por ejemplo los ácidos grasos esteárico y oleico, aunque sus cadenas son iguales por su longitud, difieren con respecto al número de átomos de hidrógeno que contienen éstas. Así mismo si la cadena de átomos de carbono (que sólo acepta cuatro ligaduras) esta completa en cuanto a los hidrógenos, estará completamente saturado y no tendrá dobles ligaduras

Las moléculas de grasa pueden diferir en cuanto a la longitud de las cadenas de sus ácidos grasos, el grado de insaturación, la posición de sus ácidos grasos en relación a los átomos del glicerol, entre otros. Así mismo la molécula de grasa no está forzosamente sustituidos los ácidos grasos con los tres hidroxilos del glicerol formando un triglicérido, cuando dos están sustituidos la molécula es conocida como diglicérido y cuando esta sustituido con una sola molécula de ácido graso es conocido como monoglicérido. 17 27

Las grasas naturales no son compuestas por un solo tipo de molécula de grasa, sino que son mezclas de muchas de estas moléculas. Las variaciones químicas de las grasas originan propiedades funcionales, nutritivas y de conservación que difieren radicalmente. El punto de fusión de las diferentes grasas es un ejemplo de esta variación funcional. Los ácidos grasos de cadena mas larga dan grasas más duras y los de cadena corta más suaves. La insaturación de los ácidos grasos también contribuyen a dar grasas más suaves. 16,17

En la figura No. 4 se presenta un cuadro en donde se pueden observar los diferentes ácidos grasos de algunos productos, la insaturación y algunas propiedades como es el índice de yodo que permite conocer de modo fácil el grado de insaturación de la grasa y por lo tanto su reactividad, así como el índice de saponificación que proporciona el peso molecular medio de los ácidos grasos, éste valor varía inversamente, un índice de saponificación alto señala una gran proporción de ácidos grasos de peso molecular bajo: 3

	BUTIRICO	CAPROICO	CAPRILICO	LAURICO	MIRISTICO	MIRISTOLEICO	PENTADECANOICO	PALMITICO	PALMITOLEICO	MARGARICO	MARGAROLEICO	ESTEARICO	ESTEARICO	OLEICO	LINOLEICO	LINOLENICO	ARAQUIDICO	GADOLEICO	EICOSADIENOICO	BEHENICO	ERUCICO	LIGNOGERICO	INDICE DE YODO	INDICE DE SAPONIFICACION	
	4:0	6:0	8:0	10:0	12:0	14:0	14:1	15:0	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	20:1	20:2	22:0	22:1	24:0			
BABASU		0.4	6.0	5.1	42.2	16.8							3.5	14.2	2.4		0.1							13-18	247-251
MANTEQUILLA	3.6	2.2	1.2	2.5	2.9	10.8	0.8	2.1	26.9	2.0	0.7		12.1	29.5	3.2	0.4	0.1							25-42	220-240
POLLO					0.1	0.8	0.2	0.1	25.3	7.2	0.1	0.1	6.5	37.7	20.6	0.8	0.2	0.3						74-80	
CACAO						0.1			26.3	0.4	0.3		33.8	34.4	3.1		1.3	0.1	0.1	0.2				33-40	190-200
COCO		0.5	7.1	6	47.1	18.5			9.1				2.8	6.8	1.9	0.1	0.1							7-12	250-264
MAIZ						0.1			10.9	0.2	0.1		2	25.4	59.6	1.2	0.4			0.1				118-128	187-193
ALGODÓN					0.1	0.7	21.6	0.6	0.1	0.1	2.6	18.6	54.4	0.7	0.3					0.2				98-118	189-198
MANTECA DE CERDO				0.1	0.1	1.5		0.1	26.0	3.3	0.4	0.2	13.5	43.9	9.5	0.4	0.2	0.7	0.1					48-65	190-202
OLIVA									9.0	0.6			2.7	80.3	6.3	0.7	0.4							76-88	188-196
PALMA					0.1	1.0			44.4	0.2	0.1		4.1	39.3	10	0.4	0.3			0.1				50-55	195-205
PALMA (OLEINA)					0.2	1.0			39.8	0.2			4.4	42.5	11.2	0.2	0.4			0.1				58 MIN. 48 MAX	
PALMA (ESTEARINA)					0.7	1.5			65.8				4.8	29.6	7.2	0.1	0.4			0.1					
PALMISTE (ESTEARINA)			0.2	3.4	48.2	16.2			8.4				2.5	15.3	2.3		0.1	0.1						14-19	245-255
CACAHUATE						0.1			11.1	0.2	0.1	0.1	2.4	48.7	32		1.3	1.6		2.9		1.5		84-100	188-195
COLZA						0.1			3.8	0.3			1.2	18.5	14.5	11	0.7	6.6	0.7	0.5	41.1	1		100-115	170-180
CARTAMO						0.1			6.8	0.1			2.3	12	77.7	0.4	0.3	0.1		0.2				140-150	188-194
SOYA						0.1			10.6	0.1	0.1		4.0	23.2	53.7	7.6	0.3			0.3				123-139	189-195
GIRASOL						0.1			7.0	0.1	0.1		4.5	18.7	67.5	0.8	0.4	0.1		0.7				125-140	188-194
SEBO					0.1	3.2	0.9	0.5	24.3	3.7	1.5	0.8	18.6	42.6	2.6	0.7	0.2	0.3						40-55	190-199

Figura 4 Distribución de ácidos grasos de productos, aceites y grasas 3

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

A continuación se presentará una breve descripción de los diferentes procesos que involucran la Extracción y Refinación de los aceites comestibles, principalmente la etapa de refinación ó neutralización alcalina la cual será tema principal del presente trabajo

Las fases que involucran la fabricación de aceites comestibles son:

- A) Extracción del aceite.
- B) Refinación del aceite.

Describiremos brevemente cada una de estas etapas:

3.3.1 LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE

La recepción y almacenamiento de semillas que se compran a lo largo de todo el año se reciben por diferentes medios a la planta procesadora (por lo regular en camiones y ferrocarril) Las semillas una vez que llegan a las instalaciones de la planta, previamente analizadas por el laboratorio de acuerdo a las normas oficiales de la AOCS ²³, se reciben y pasan por las básculas pesadoras para posteriormente ser transportadas por diferentes medios a los silos o almacenes donde se les proporciona ventilación y se les trata de mantener la humedad en niveles adecuados (aprox. a un 10 %) para evitar que se descomponga el grano. Una vez que las semillas se encuentran en los silos se les mantiene en ellos durante algunos días (cerca de 10 días) para facilitar la remoción de la cascarilla en los procesos siguientes ^{16 17}

En cuanto a la producción de semillas oleaginosas o materias primas que se utilizan, por lo regular la industria se encuentra con una relación directamente ligada para un abastecimiento seguro con los productores.

En esta parte se explica el proceso de Extracción del aceite de las semillas, así como la descripción de cada una de las etapas del método mas comúnmente utilizado.

Las plantas extractoras de aceite tienen como proceso principal, el de extracción del aceite crudo a partir de semillas oleaginosas y como procesos secundarios, en los que se utilizan los subproductos o las partes no utilizadas en el proceso de extracción, la elaboración de harinas y la elaboración de forraje para ganado.

Existen tres métodos de extracción: ¹⁷

- Derretimiento - Se utiliza para grasas animales por medio de calentamiento para separar la grasa de los tejidos
- Prensado o mecánico.- Utilizado para productos con alto contenido de aceite y con el uso de tecnologías en combinación con solventes, su principio es la presión mecánica.
- Por Solvente.- Es el mas utilizado, teniendo el hexano como el solvente más común.

Los métodos de Prensado y Derretimiento no se describirán en éste informe, sólo se mencionan para dar a conocer las formas que existen de Extracción de aceites

A continuación se explicará de forma general el proceso de Extracción por Solventes.

Se puede considerar que el proceso de extracción con solvente consta de tres partes:

- a) La preparación de la semilla.
- b) La extracción del aceite de la semilla.
- c) La recuperación del solvente del aceite y la obtención de la pasta molida.

La siguiente figura muestra en forma esquemática las etapas del proceso:

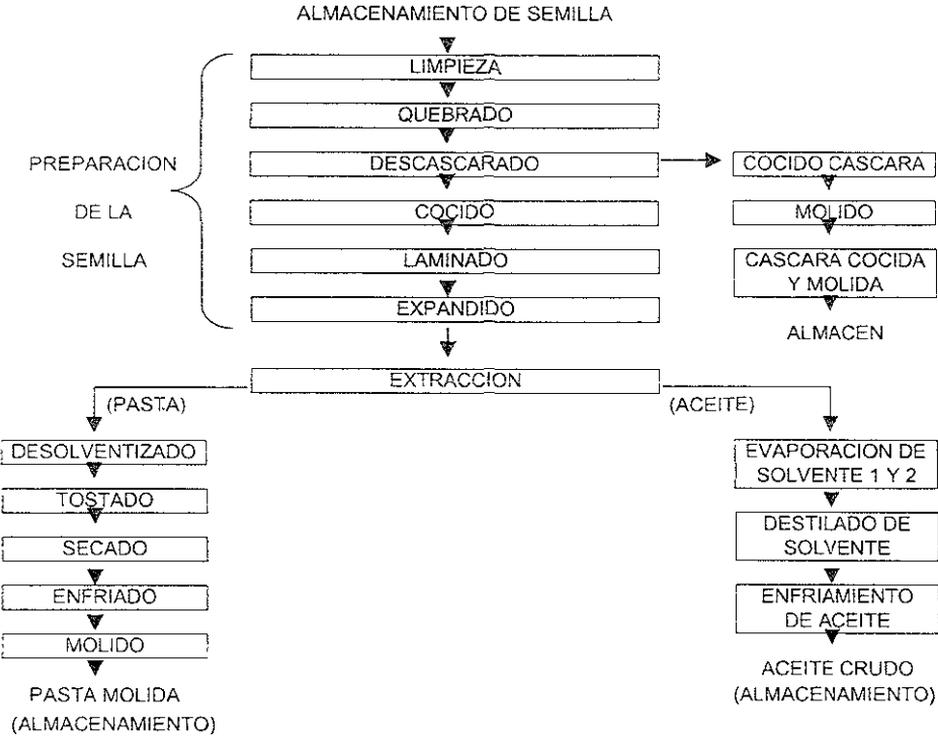


Figura 5 Descripción general del proceso de Extracción por Solventes 17

A continuación se describe brevemente cada una de estas etapas sobre el proceso de Extracción por solventes, no se especificaran al detalle cada una de las operaciones pero sí lo más relevante en cuanto a su descripción: ¹⁷

Para ver un poco de historia, en los Estados Unidos a principios de los setentas, la extracción por solventes era el principal método de extracción de aceite de oleaginosas y nueces. Se crearon más plantas de extracción por solventes y las existentes aumentaron su capacidad para responder a la demanda creciente de aceites comestibles y harinas de proteínas.

Ya en los ochentas en México la oferta de aceites comestibles había alcanzado y rebasado la demanda. Como consecuencia el éxito de la industria ya no podía basarse solo en la elaboración, si no el costo debía de reducirse. Hoy en día, la meta de la industria de oleaginosas es reducir al mínimo los costos de operación y ubicar estratégicamente las plantas de procesamiento entre el suministro de semillas y la demanda de aceite y pasta. ¹⁷

3.3.1.1 PREPARACIÓN DE LA SEMILLA

Antes de someterlas a la extracción por solventes, las semillas oleaginosas y nueces requieren de una preparación. Esta preparación es un proceso que se vale de medios mecánicos o térmicos para eliminar los materiales que no contienen aceite, aumentar la temperatura de la semilla, eliminar contenidos excesivos de aceite, exponer y romper las células de aceite y crear un producto de forma ideal para la extracción por solventes. Los resultados de la extracción por solventes dependen en gran medida del grado de preparación de la semilla. ¹⁷

A) LIMPIEZA

La primera operación para preparar la semilla es la limpieza, en esta parte se puede considerar una prelimpia como una etapa previa, la cual se aplica para retirar partículas grandes provenientes del campo y enviarse a los silos de almacenamiento, así como cualquier material extraño ligero de mayor o menor tamaño que la semilla proveniente del grano. Esta prelimpia tiene tres objetivos en la remoción de dicha basura que son la protección del equipo de transportación subsecuente (elevadores, transportadores) y equipos de las siguientes etapas, el otro objetivo es retirar artículos como paja y malezas que pudieran ocasionar problemas de flujo en los silos de almacenamiento debido a bloqueos en las descargas con riesgos de provocar un incendio en un secador; y el último objetivo es retirar algunos insectos existentes en el grano, ya sea mediante aspiración o por mallas finas a fin de contribuir a reducir la infestación al mínimo durante el almacenamiento. ^{17, 29}

b) QUEBRADO

El objetivo del quebrado consiste en romper el interior de las semillas para ser apropiadas las partes para el descascarado y el hojueleado, debe de contener un mínimo de finos y no una masa de la semilla para una mejor extracción del aceite. El tamaño de las hojuelas será proporcional al tamaño de las semillas quebradas. El examen de una muestra del quebrado de

las semillas muestra la efectividad del quebrado, y una prueba en tamiz proporciona una medida mas objetiva. La precisión de quebrado que se desea puede variar según se requiera, normalmente la semilla es quebrada de cuatro a seis partes. Las maquinas quebradoras deben de mantenerse con una alimentación uniforme que se puede basar en la observación constante en la alimentación de la semilla y pruebas de tamiz , así como un buen programa de mantenimiento en las cuchillas de los quebradores principalmente. Antes de alimentarse a estos equipos se deben eliminar la impurezas de piedras y materiales extraños de la semilla, así como colocar imanes a la entrada de la alimentación para evitar que entren metales a los equipos y se dañen estos. El hojueleado no será satisfactorio sin un buen quebrado de la semilla 7

C) DESCASCARADO

El objeto de descascarillar las semillas oleaginosas es concentrar aún más la proteína disponible. Para ejemplificar esto se puede considerar que para la semilla de soya esta constituida aproximadamente de los siguientes componentes: 7

Aceite.....	19 %
Humedad.....	12 %
Proteína.....	38 %
Fibra.....	7 %
Material inerte .	24 %
 Total.....	 100 %

Si se partiese de 100 kg. de muestra de los componentes anteriores, retirado el aceite con un residual de 1% y quitando 4 % de cáscara tenemos:

Aceite.	1 Kg
Humedad.....	12 Kg.
Proteína	38 Kg.
Fibra	3 Kg.
Material inerte	24 Kg.
 Total	 78 Kg.

Dividiendo 38 kg. de proteína entre el total del peso que es 78 kg se puede apreciar que la proteína se concentra a 48.7 %. El punto importante en este momento consiste en que si la proteína cruda en las semillas enteras no es lo suficientemente alta, o si no se eliminan suficientes cascarillas, se vera afectada la proteína en la pasta final con un porcentaje menor que se tiene como mínimo que es de 47 %. 7 17 23

El descascarillado antes de la extracción consiste en quitar las cascarillas para producir una pasta de alto contenido proteínico, este sistema permite reducir el volumen de la corriente de alimentación o permite una mayor capacidad a través de la planta una vez que se retiran las cascarillas más grandes

Una segunda ventaja del descascarillado antes de la extracción consiste en que, una vez que se han retirado las cascarillas, existe menos desgaste abrasivo en el sistema, no solo por la

cascarilla, sino que también por el polvo y los granos molidos que no se eliminan del todo de las cascarillas durante la limpieza. 17

También es esencial someter al grano a algún tipo de impacto térmico antes de descascarillar debido a que la cascarilla se adhiere al grano mediante un material proteico que con el calor afecta la liberación de la cáscara. Se tiene que tomar en cuenta también la cosecha del grano si se realizó en área húmedas o si contienen muchas vainas inmaduras, debido a que es muy difícil descascarillar completamente el grano en estas condiciones. 7

d) COCIDO

Desde los sistemas más antiguos los granos oleaginosos rotos se han calentado, aplicando una presión se produce un derrame de aceite, que no sería posible sin calentamiento.

La cocción permite: 17

- Regular la humedad según los granos.
- Mejoramiento de la fluidez del aceite.
- Ruptura de las paredes celulares grasas
- Coagulación de las fracciones proteicas del grano
- Esterilización y desactivación de enzimas termoestable.
- Destrucción de sustancias tóxicas.

El grado de cocción será diferente para cada tipo de grano que tendrá constitución distinta y por lo tanto, diferentes condiciones de tratamiento

El equipo de cocción debe de responder a los siguientes criterios: 17

- Homogeneidad de tratamiento de todos los granos.
- Facilidad para ajustar el tiempo de cocción, humedad y temperatura
- Excelente coeficiente de transmisión térmica por m².
- No provocar la separación del aceite.
- No tener puntos muertos en la superficies calientes.

e) LAMINADO

El laminado u hojueleado es importante para la eficiencia de extracción con un contenido mínimo de aceite residual. Esta etapa del proceso tiene la finalidad de llevar tantas células como sea posible al área de la superficie de las hojuelas, en consecuencia, se deben generar hojuelas delgadas, sin embargo dado que las hojuelas delgadas se rompen con mayor facilidad estarán acompañadas de partículas semejantes al polvo, por lo que se debe de llegar a un punto intermedio el cual sería entre 12 y 16 milésimas de pulgada. Naturalmente el proceso de extracción alcanzara su máxima eficiencia si se rompen la mayoría de las células ya que las células que no se rompen son difíciles de extraer el aceite. 17

Se debe de tener un contenido de humedad de 10 a 12 % en las hojuelas. Las hojuelas demasiado secas se rompen fácilmente y generan muchos finos; las hojuelas con alto nivel de humedad interfieren con la capacidad del solvente para penetrar las células. 16, 17

A fin de hacer que las células se vuelvan permeables al hexano, se debe deformar las semillas tanto como sea posible, sin romper la hojuela.

La hojueleadora es una máquina simple; básicamente consiste en un marco de apoyo sólido, un par de rodillos de hierro fundido apoyados por baleros que van en la parte exterior, un alimentador y un método para aplicar presión a los rodillos. Los rodillos han sido efectivos debido a la alta velocidad tangencial, al precalentamiento de los granos quebrados y a la presión hidráulica que se le somete 17

Para mantener el buen funcionamiento de este proceso y de su equipo es necesario considerar que los rodillos deben de estar en una posición horizontal y paralelos uno respecto al otro, la alimentación debe de ser tan uniforme como sea posible a lo largo de todo el rodillo, esto es la repartición de carga; se debe fijar la presión hidráulica al nivel recomendado, las bandas deben de estar con la tensión adecuada sin deslizamiento evidente, así como las cuchillas tienen que cortar a lo largo de todo el rodillo y el engrasado periódico de los baleros 13 17

F) EXPANDIDO

El proceso de expansión así llamado pues se hace presión a la semilla en un equipo de extrusión con inyección de vapor y posterior extruido, termina de romper las células grasas, da una porosidad adecuada a los pellets y los hace menos ligeros y con menor formación de finos que las láminas. El residual de aceite de la pasta desgrasada es menor cuando entran pellets y no láminas al extractor. Los pellets, al salir de los equipos, tienen un contenido elevado de humedad debido a que la inyección de vapor es directa, por lo cual se hace necesario el uso de un secador continuo de banda para reducir este contenido de humedad ya que está afecta la Extracción a los márgenes necesarios

Los equipos expansores que se utilizan en la industria procesadora de oleaginosas consisten en un tambor que contiene un tornillo de tramo cortado en el cual gira y ejerce presión para formar una pasta porosa con la ayuda de inyección de vapor que recibe el nombre de "coilets" como ya se había mencionado. 17, 20

3.3.1.2 EXTRACCION DEL ACEITE DE LA SEMILLA

La extracción por solventes es un proceso químico en que se utiliza un solvente de hidrocarbano (normalmente hexano) para disolver el aceite comestible de las oleaginosas o nueces preparadas. Después de extraer el aceite, el solvente de hidrocarbano que queda en las corrientes de harina y pasta se eliminan mediante procedimientos térmicos. Se utiliza un sistema de recuperación para colectar el solvente y reutilizarlo y purificar el agua y el aire que salen del proceso. Debido a las características explosivas del solvente de hidrocarbano, este proceso se lleva en un área aislada y fácil de identificar. Los productos finales de la extracción por solventes son el aceite comestible y la pasta crudos. 17

La pasta cruda que sale de este proceso suele someterse a un proceso de terminación, que puede consistir en reducción de tamaño, mezclaria con otros ingredientes y envasarla. Por otra parte el aceite crudo se envía a los tanques de almacenamiento para su posterior proceso de Refinación.

El proceso de extracción continua es una operación compleja que comprende una serie de operaciones básicas enlazadas entre sí y que para asegurar el buen éxito (eficiencia y responsabilidad), deben de estar correctamente coordinadas unas con otras.

El extractor propiamente dicho, es la máquina o equipo en que se realiza la operación básica de extracción sólido-líquido. Otros términos empleados para esta operación de transferencia de masa, aparte de la extracción, son : Precolación, lixiviación, lavado y agotamiento. 2

El sistema o unidad de extracción comprende tres secciones básicas: 17

- a) Extracción del aceite
- b) Desolventización de la harina, secado y enfriamiento
- c) Destilación y recuperación del disolvente

a) Unidad de extracción.

Existen dos métodos básicos para disolver el aceite comestible el solvente de hidrocarburo. El primero es el método de inmersión, en el que la semilla preparada se sumerge por completo en el solvente. El segundo es el método de filtración, la cual permite que una película fina de solvente se vierta sobre la superficie de la semilla preparada. Se determina el método que debe de usarse con base al diseño del extractor y la forma de la oleaginosa preparada.

En el método de inmersión el solvente se bombea desde el fondo a través de la cama de material o desde la parte superior de esta cama a una velocidad suficiente para producir una "inundación", es decir, que la cama queda totalmente sumergida en el solvente y se tenga una capa de este último encima del material. La inundación requiere la disminución sustancial de la presión, que puede lograrse con un material poco poroso y una capa de material profunda. En el método de filtración, el solvente debe bombearse desde la parte superior sobre la cama del material a una velocidad inferior a la que produciría una inundación. 2,17

De los parámetros más importantes para una buena extracción y un residual de aceite mínimo en la pasta son la temperatura, el área de contacto y el tiempo de residencia. 2

La temperatura ideal de extracción es justo por debajo de la temperatura de ebullición del solvente menos unos 8 a 10 °C para mantener un factor de seguridad contra la evaporación rápida. 17

El área del material que se pone en contacto con el solvente es otro de los factores, está área a medida que aumenta mejora la extracción del aceite, esto se concluye que las hojuelas más delgadas (dentro de los límites que soporta) tienen mayor área de contacto que las gruesas, permitiendo una mejor extracción, así mismo los pellets cuentan con un área aún mayor que las hojuelas por lo que permiten una extracción más eficiente.

Por último el tiempo que se define como el lapso en que el material permanece en el solvente, esto es que entre mayor sea el tiempo de permanencia material-solvente en contacto mayor será la extracción de aceite. 2, 17

Como ya se había mencionado anteriormente, la extracción del aceite con el hexano se realiza progresivamente utilizando los baños del solvente primeramente con mezcla de concentración baja de solvente y aumentando paulativamente hasta que se baña con hexano puro al final del recorrido del material. La recirculación de las mezclas sobre cada etapa es una de las ventajas de este proceso de extracción y que permiten, sobre todo en la parte final de agotamiento, mantener saturada la masa del producto a extraer independientemente de su precolación. Especialmente, en caso de extraer productos expandidos o incluso láminas, permite trabajar a una proporción hexano-sólidos menor de 1:1 ya que con una contracorriente pura, podría haber zonas que no estuvieran inundadas y por lo tanto, con baja eficiencia de extracción. 28

b) Desolventizado, secado y enfriado de la pasta desgrasada.

El proceso de desolventización se realiza con el objetivo de eliminar el hexano impregnado a la pasta, utilizando generalmente vapor de agua directo e indirecto. El contenido inicial de hexano en la pasta es de 25 a 30 % en peso y debe ser reducido a 1000 ppm o menos aún. 16, 17

La vital importancia de este proceso reside, además de recuperar el hexano, en evitar que la pasta corra peligro de volverse explosiva, si se almacena con cantidades de hexano arriba de los límites permitidos esto podría suceder.

Los parámetros influyentes de la eficacia de la operación de la desolventización, son: el tiempo de residencia en el desolventizador (D.T.), temperatura del proceso, superficie del proceso, contenido de aceite residual de la pasta, humedad de la tona. 28

El equipo desolventizador (D.T.) consiste en un cilindro vertical, formado por varios pisos (no menos de cinco generalmente), un eje vertical con accionamiento por motoreductor, cada piso tiene en su fondo una camisa de vapor y a veces también en la envolvente; en las dos o tres primeras plantas tiene inyección de vapor directo. La primera planta tiene la altura mucho mayor que las otras ya capaz de albergar la gran cantidad de gases generados en la desolventización, la regulación de la altura del material se hace mecánicamente, abriendo o cerrando el paso de un plato al interior por medio de un palpador que le marca el nivel, puede ser regulable desde afuera. Estos pasos y unas rejillas situadas en los fondos, aseguran la ascensión de los vapores hacia la parte superior atravesando la masa del material, ayudando de este modo a la desolventización. 2, 28

Los vapores son recogidos en la cámara superior (de mucho mayor altura, 1.5 ó 2 mts.) de donde salen hacia la condensación

La pasta desgrasada entra al D.T. a través de una válvula rotativa (esciusa) u otro medio equivalente que asegure la estanquidad con el extractor; este material puede tener temperaturas del orden de 50 a 60 °C (menos del punto de ebullición del hexano), cae la pasta en el primer plato caliente a 165 – 175 °C y recibe inyección de vapor a través del comal produciendo el arrastre hacia arriba, atravesando la masa del material y dejando agua al mismo, llevándose el hexano (del 95 al 98% de hexano en buenas condiciones). El resto de las plantas

tuestan y secan la harina ligeramente, abandonando el D.T. por una caída con cierre de esclusa o sinfin (igual que la entrada). La harina queda libre para su secado y enfriado. 2 17

La pasta del grano sale del D.T. con un contenido alto de humedad y una elevada temperatura, debido al vapor de arrastre y calentamiento sufrido en el equipo. La torta desolventizada se tiene que secar y enfriar para lo cual se utiliza un equipo llamado D.C. (Dryer Cooler), el cual consiste en compartimientos cilindricos sobrepuestos, con corrientes de aire. El primer compartimiento recibe una corriente de aire caliente, la cual seca la pasta, esta cae en el segundo compartimiento y se encuentra ahora con una corriente de aire frío, que le baja la temperatura. Los finos arrastrados por el aire son recuperados por medio de ciclones, siendo descargados directamente al transportador que va al molino. La pasta sale del equipo con una humedad alrededor de 10 %. 16, 17

Como último proceso que se le da a la pasta, ésta se muele para producir harina con las características comerciales deseadas. Esta parte comienza con una distribución de la pasta en las dos líneas que alimentan los molinos, posteriormente se tamiza con el objeto de que la pasta, que ya tiene el tamaño deseado, no pase por el molino, sino que es aspirada directamente, lo cual disminuye la carga y es mas eficiente; a este equipo se le instalan electroimanes antes de la entrada con el fin de evitar tornillos u otros materiales metálicos, la harina con el tamaño deseado ahora es enviada a silos de almacenamiento y de ahí puede ser descargada hacia camiones para su distribución 2 17 28

C) Sistema de destilación de la miscela

La destilación de la miscela se basa en etapas sucesivas de vacío, con la utilización de condensadores de carcasa y tubo con el agua circulando por el lado de los tubos y la condensación en el lado de la carcasa. Una vez asegurada la condensación y los vacíos correspondientes, la evaporación se realiza como primer efecto en el equipo llamado economizador que permite recuperar la mayoría de las calorías evacuadas por el desolventizador, mediante vapores de hexano y agua, este economizador es un intercambiador de tubos y carcasa y la miscela se introduce en el interior de los tubos y se evapora dentro de ellos.

La segunda etapa de evaporación se realiza en el segundo evaporador que trabaja a la misma presión que el economizador. Es también un intercambiador de carcasa y tubos con cabezas de separación líquido-vapor similar al economizador pero con secciones de tubos y superficies diferentes a fin de conseguir la evaporación del disolvente en el interior de los tubos y obtener elevadas velocidades que mejoren la transferencia de calor.

En la etapa siguiente, se toma la miscela concentrada a 95 – 96 % y temperaturas entre 100 y 120 °C que salen en el segundo evaporador para terminarla mediante destilación por arrastre de vapor de una etapa, bajo vacío. A este equipo se le conoce como acabador o "stripper". Finalmente el aceite se enfría mediante agua en un intercambiador y enviado a los tanques de almacenamiento. 2 17, 28

3.3.2 LA REFINACIÓN DEL ACEITE

En ésta sección se describirá la parte correspondiente al proceso de Refinación del aceite, que es equivalente a decir que son las operaciones para liberarse de los contaminantes indeseables del aceite crudo que se ha extraído de las semillas:

La Refinación del aceite comprende varias etapas: Desgomado, Refinación cáustica, Blanqueo y Desodorizado.

El término de "Refinación" (llamado así por la comunidad Europea) se refiere al proceso completo de remoción de impurezas de los aceites, una etapa que incluye es la "Refinación Cáustica", la cual utiliza un álcali para reaccionar químicamente y retirar impurezas; la comunidad Americana la denomina a la etapa de Refinación Cáustica como "Neutralización Alcalina" y a todas las operaciones en general como "Refinación Química". Esto es debido a que también existe otra tecnología para la remoción de impurezas que es la "Refinación Física", la cual no realiza la etapa de Neutralización, y a la etapa de Desodorizado la han llamado "Desacidificación". Esto sólo se menciona para no confundir los términos y conocer la razón de llamarlos así. La "Refinación Física" no es tema del presente trabajo. 17 20

Los aceites vegetales crudos contienen cantidades variables y relativamente reducidas de impurezas que no son glicéridos; algunas de las impurezas afectan la calidad del aceite para su uso comestible y por lo tanto, es necesario eliminarlas. Estas impurezas influyen tanto en la forma en que responde el aceite en los diferentes pasos del proceso utilizado para elaborar el producto terminado, como el rendimiento final del aceite. Las impurezas son de dos tipos generales: insolubles y solubles en aceite. 17

Las impurezas insolubles consisten en fragmentos de semillas, excedentes de humedad y una fracción cerosa que se ve en el aceite refrigerado, haciendo que se vea turbio o nublado. Las impurezas como fragmentos de semilla o finos de granos molidos normalmente se pueden eliminar fácilmente con filtración.

Las impurezas solubles en aceite son más difíciles de extraer, incluyen ácidos grasos libres, fosfátidos, sustancias gomosas o mucilaginosas, cuerpos pigmentados, fracciones de proteínas enteras, tocoferoles, esteroides, carbohidratos, cetonas y aldehídos, metales (cobre, hierro), etc. Estas impurezas pueden estar en una solución real o en suspensión coloidal. Algunas se encuentran en cantidades mínimas de ppm (partes por millón). 20

No todos los componentes que no son glicéridos son indeseables. Los tocoferoles son de éste tipo de sustancias, pues ayudan a proteger al aceite de la oxidación que afecta adversamente su sabor. Los esteroides son inodoros, insaboros, incoloros, estables al calor y no contribuyen con ninguna propiedad importante del aceite. Las demás impurezas por lo general son perjudiciales para el sabor, olor, color, estabilidad de almacenamiento o vida de anaquel, y por lo tanto influyen negativamente en la calidad del aceite. 20

Los aceites vegetales crudos se convierten en aceites comestibles para el consumidor gracias a una serie de operaciones de refinación.

En la figura 6 se presenta un diagrama en donde se puede visualizar en forma general las etapas de la Refinación, la hidrogenación, así como los subproductos obtenidos y los principales insumos indirectos. 17

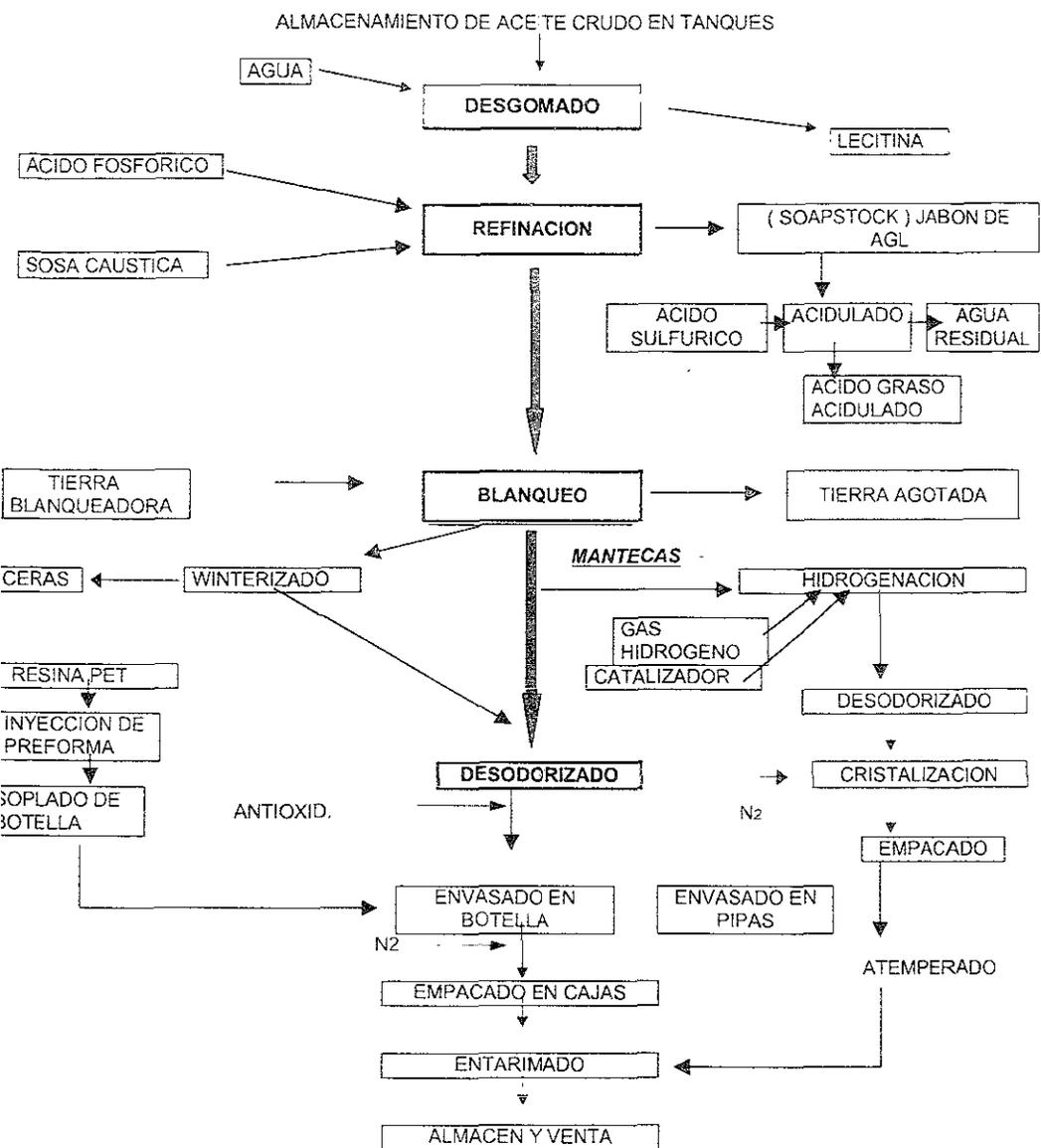


Figura No. 6 Descripción general de la Refinación Alcalina 17

A continuación se describe en forma general cada una de las operaciones de la Refinación Alcalina ·

3.3.2.1. *DESGOMADO*

Varios aceites vegetales contienen una cantidad de gomas o fosfátidos o llamados fosfolípidos también, en el que por ejemplo el aceite de soya corresponde con el mayor porcentaje (del 1 al 3%). Estos aceites deben ser desgomados para producir un aceite casi libre de materiales que puedan precipitar durante su travesía o almacenamiento, así al extraer estos fosfátidos se utilizan para la elaboración de lecitina de soya. Esta operación de desgomado, disminuye la pérdida de aceite neutro en la etapa siguiente que es la Refinación cáustica, al haber eliminado las gomas mucilaginosas. 17

La primera etapa en el proceso de Refinación es el **DESGOMADO** Este puede ser un desgomado simple con agua, por medio del cual todos los fosfolípidos hidratables son eliminados, o el desgomado ácido, con lo cual también los fosfolípidos no-hidratables, son parcialmente removidos. El desgomado ácido se utiliza sólo en ocasiones cuando el porcentaje de gomas es muy elevado

Para el desgomado del aceite se utiliza el método de hidratación con agua, en el cual el aceite se clarifica por medio de una centrifuga, para separar partículas sólidas y se le agrega agua suavizada para posteriormente pasar esta mezcla a una centrifuga para separar las gomas y el aceite. De la centrifuga se obtienen dos corrientes, una con aceite, el cual se envía al secado por medio de vacío y después se manda a los tanques de almacenamiento de aceite desgomado. y la otra llamada lodos, los cuales se secan para extraer la lecitina que se encuentra presente y tiene un alto valor comercial. 17

Durante el desgomado la mayor parte de los fosfolípidos se remueven en forma de sales de calcio y de magnesio, así como también el ácido fosfatídico. La eficiencia de la remoción depende de la relativa hidratación de esos compuestos.

Aparte de los fosfolípidos, los metales pesados como el fierro y el cobre son también removidos durante el desgomado ácido. El grado de remoción depende de la cantidad de ácidos grasos libres en el aceite

En resumen mediante esta operación se eliminan del aceite crudo las gomas, los fosfátidos y los complejos metálicos con el fin de obtener aceite crudo desgomado 13 17 20

Los aceites con altos contenidos de gomas se desgoman por las siguientes razones

- *Extracción de lecitinas*
- Ofrecer un aceite crudo-desgomado para ser almacenado o transportado a largo plazo
- Preparar aceite aceptable para la Refinación.

En la figura 7 se muestra el sistema continuo convencional para el desgomado. Para producir lecitina el aceite crudo, por ejemplo de soya, debe tratarse con agua blanda o desmineralizada La cantidad de agua que se añade puede ajustarse de acuerdo con el contenido de fosfátidos que tenga el aceite crudo inicial, oscilando entre el 2%. 17

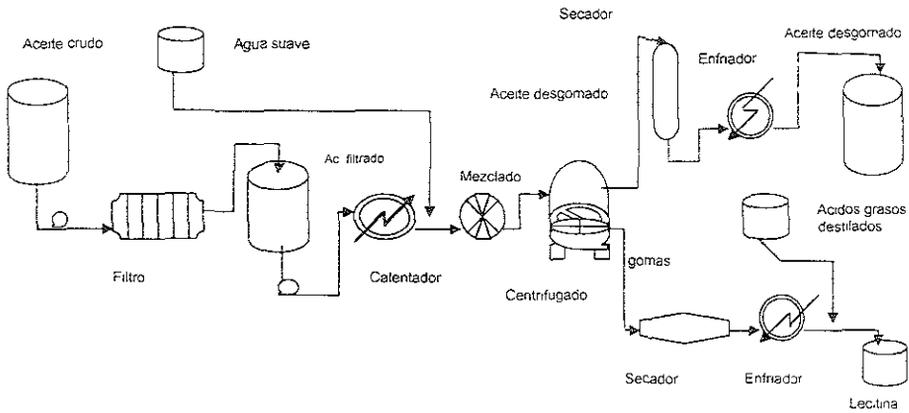


Figura No. 7 Proceso de Desgomado y producción de Licitina 17

3.3.2.1.1 Descripción del proceso

El proceso consiste primeramente en enviar el aceite crudo a un filtro prensa con el fin de retirar impurezas mayores, de aquí el aceite es enviado a un tanque de aceite filtrado de donde es bombeado hacia el calentador para elevar la temperatura del aceite a $60 - 70^{\circ} \text{C}$, posteriormente se incorpora con el agua suave bombeada desde un tanque que normalmente proviene de las calderas o condensados; de aquí pasan a un mezclador en donde se realiza la hidratación de las gomas. Una vez hidratadas pasan a la centrifuga en donde se separa el aceite desgomado y las gomas contenidas en el aceite. El aceite continua su camino hacia el secador de aceite en donde se retira la humedad y posteriormente se enfría en un intercambiador de calor para ser almacenado en los tanques de aceite desgomado

Por otro lado las gomas separadas de la centrifuga se envían a un secador de lecitina para retirar el exceso de humedad, posteriormente pasan por un enfriador para bajar la temperatura y finalmente llegan al tanque de preparación de lecitina, en donde se mezclan con ácidos grasos destilados provenientes del desodorizador hasta alcanzar la viscosidad requerida.

En algunas ocasiones las gomas se mezclan con una pequeña cantidad de aceite desgomado que sale de la centrifuga con el fin de diluir las mismas. 8 17 20

En la actualidad se cuenta con una gran diversidad de configuraciones de equipo, pero el punto clave que hay que considerar es que debe de permitirse suficiente tiempo para hidratar las gomas. Una adecuada hidratación contempla tanto la intensidad del mezclado como el tiempo de mezclado o tiempo de residencia.

Para lograr un máximo de flexibilidad se recomienda tomar las medidas necesarias para garantizar un mezclado intensivo y además considerar que es necesario permitir variaciones de tiempo de residencia. Es común que los procesadores alcancen niveles residuales de fósforo menores a los 100 ppm con el desgomado con agua pura si se suministra un buen mezclado y suficiente tiempo de residencia. 4 8

Cuando la finalidad es producir lecitina, luego entonces lo que se quiere eliminar es una máxima cantidad de gomas. Cuando el objetivo es producir aceite crudo desgomado entonces éste viene a ser el nivel máximo de ppm de fósforo permitido en las especificaciones, normalmente es de 200 ppm. En cualquiera de los casos, la capacidad de controlar el grado de desgomado es importante para el procesador y va en función de la cantidad de agua que se añade, intensidad, tiempo de mezclado y un funcionamiento adecuado de la centrífuga. 16 17

Cuando la finalidad del desgomado es producir un aceite desgomado adecuado para una refinación física, entonces las gomas no-hidratadas que normalmente se encuentran presentes no son eliminadas con agua y es cuando se necesita un tratamiento especial con la adición de ácido fosfórico y algunas veces cítrico. 8, 17

El desgomado es ampliamente utilizado para los aceites con altos contenidos de gomas (fosfátidos) como en el caso del aceite de soya, la figura 8 muestra los contenidos de gomas de algunos aceites:

<i>Aceite crudo</i>	<i>Fosfátidos (%)</i>
Soya	1 – 3
Maíz	1 – 2
Algodón	1 – 2
Colza	0.2 – 2
Cacahuete	Relativamente libre
Girasol	Relativamente libre

Figura No. 8 Contenido de fosfátidos en aceites crudos 8

3.3.2.2 REFINACION O NEUTRALIZACION ALCALINA

Después del Desgomado el aceite que se envió a los tanques de almacenamiento es bombeado hacia el siguiente proceso que es la Refinación o Neutralización alcalina en donde se le adiciona un álcali (hidróxido de sodio), que al reaccionar con los ácidos grasos libres del aceite, se forman las correspondientes sales sódicas de dichos ácidos. Estos jabones precipitan y pueden ser separados eficientemente del resto del aceite por centrifugación. Sin embargo, después de esta operación, el aceite queda siempre con restos de jabones, por lo que es necesario someterlo a un lavado con agua suave y neutra, terminando con un secado a vacío.²⁴

Antes de describir la etapa de la Refinación de aceites comestibles, cabe aclarar que en la industria de refinación de aceites en general hay dos procesos en uso. Estos son: ^{13 17}

- El proceso llamado "short mix"
- El proceso llamado "long mix"

La diferencia entre estos dos procesos son que mientras en "long mix" el mezclado se efectúa a temperatura de 20 a 30 °C antes del calentamiento y en un periodo de aprox 15 minutos usando concentraciones bajas de solución de sosa cáustica; en el "short mix" se realiza el calentamiento antes del mezclado y éste último en un tiempo menor a 1 minuto, usando concentraciones de sosa más altas, el calentamiento también es mayor como se describe en la figura 9

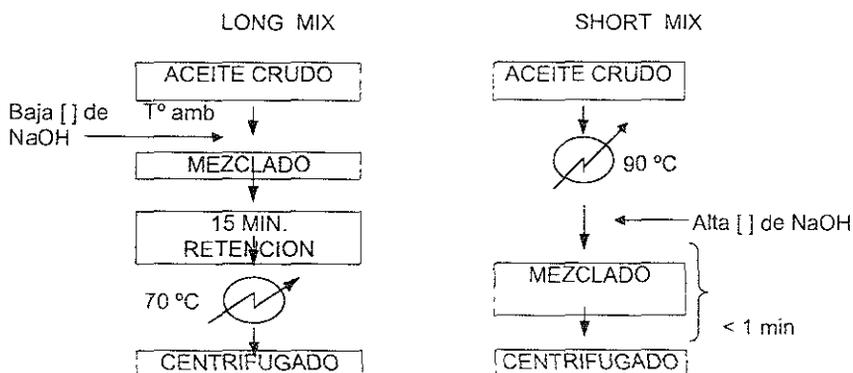


Figura No. 9 Comparación entre los procesos short mix y long mix en refinación cáustica ¹³

El proceso "short mix" era de uso muy común en E.U. hasta hace pocos años y todavía se encuentra muy de uso fuera de los E.U., el "long mix" es el proceso actualmente en uso en dicho país y es el recomendado para obtener un aceite de calidad y estabilidad óptima. ¹²

El objetivo principal del "long mix", que es un tratamiento alcalino, consiste en la remoción de los ácidos grasos libres (**AGL**) que contiene el aceite crudo. Esta es una reacción simple y rápida entre los ácidos grasos libres y la sosa cáustica. ¹⁷

La sosa cáustica sin embargo puede causar otras reacciones. Una de ellas, es la reacción de la sosa cáustica con una molécula triglicérida, el llamado fraccionamiento de la grasa, que causará un decremento en el rendimiento del proceso y que debe evitarse al máximo. ¹²

La sosa cáustica tiene sin embargo, otros efectos positivos en el procesamiento del aceite, como la reducción de las trazas de metal como el fierro (Fe).

Resumiendo esto, las impurezas como ácido fosfórico, fosfolípidos, compuestos fenólicos y trazas de metales son removidos generando jabón, diglicéridos y agua. ²⁰

A continuación se describirá sólo el proceso "long mix". ¹⁷

3.3.2.2.1 Descripción del proceso:

El proceso de refinación o neutralización consiste en preparar previamente el aceite desgomado en los tanques de "día" con una solución de ácido fosfórico en un rango del 0.08 a 0.12 % durante un periodo entre 4 y 24 horas con agitación, dependiendo éstos rangos de la cantidad de gomas no hidratables presentes en el aceite a procesar, a fin de transformar en hidratables las gomas no hidratables que no se eliminaron en el desgomado.

Posteriormente el aceite pasa a temperatura ambiente (20 – 30 °C) al área de refinación en donde se mezcla con sosa cáustica a una concentración aproximada de 10 a 12 % en base a peso a una proporción de entre 1 a 3 % con respecto al aceite crudo dependiendo de la cantidad de A.G.L.; posteriormente se calienta para ser pasado a la máquina centrífuga en donde por diferencia de densidades se separa por un lado el aceite refinado y por otra parte el jabón o "soapstock" que es el producto de la reacción entre la solución de la sosa cáustica y los ácidos grasos libres que el aceite contenía.

Una vez separado el aceite refinado y casi libre de los AGL se mezcla con agua suave y caliente para remover los residuos de jabón que hayan quedado en el aceite pasando ésta mezcla a otra centrífuga en donde se separa aceite y agua con restos de jabón, por último el aceite pasa por un secador a vacío para retirar los residuos de humedad y se envía el aceite refinado a los tanques de almacenamiento.

El diagrama de esta operación se describe en la Figura 10 indicando las etapas de este proceso. ¹⁷

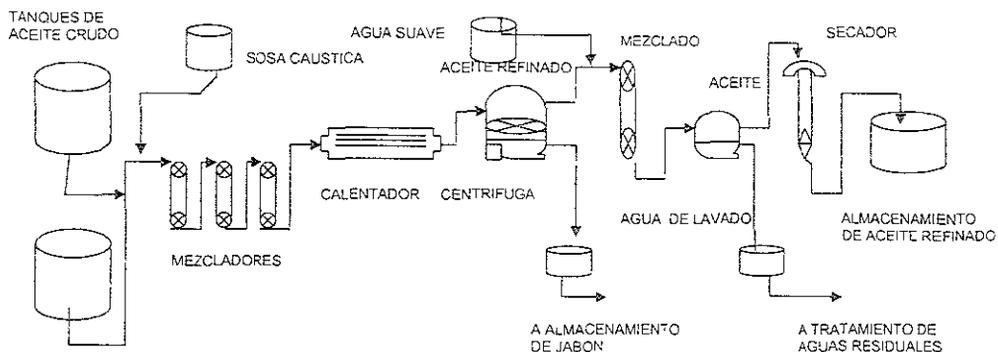


Figura No. 10 Proceso de Refinación Cáustica (sistema long - mix) 17

Las etapas de la refinación incluyen 17

- a) Pretratamiento ácido
- b) Dosificación de sosa cáustica
- c) Mezclado intensivo y retención
- d) Calentamiento y Centrifugado
- e) Lavado con agua
- f) Secado

A continuación se describirán brevemente cada una de las etapas mencionadas

a) Pretratamiento ácido

El pretratamiento ácido se usa como auxiliar en la remoción de los fosfátidos y iones de metales pro-oxidantes como el hierro y el cobre. Sin embargo la etapa del pretratamiento ácido es determinado por la calidad y tipo de aceite.

El hierro y cobre pueden ser factores determinantes en sabor y estabilidad del aceite final y la remoción de estos en la primera etapa de la refinación produce un aceite de alta calidad. 3 22

Los fosfátidos no-hidratables están compuestos principalmente de sales de calcio y magnesio de fosfolípidos y estos pueden incrementar la emulsión en la Refinación cáustica resultando en una pobre separación y aumento de pérdidas de aceite. ¹²

El pretratamiento con ácido fosfórico al 75–85 % a niveles de 0.05 al 0.15 % en el aceite crudo se ha usado como estándar en las industrias por más de 30 años. ¹⁷

b) Dosificación de sosa cáustica

El mezclado con la sosa cáustica con la retención con agitación está calculada para un tiempo de entre 10 y 15 minutos, la razón para ésta retención es que la precipitación de los jabones no es instantánea

La preparación previa de la solución de sosa cáustica se realiza en tanques separados con el control de la concentración de acuerdo al aceite crudo a refinar, manejando un rango entre 10 y 30 % en base a peso. La selección de la concentración y la cantidad de sosa cáustica para añadir al aceite crudo es de suma importancia para llevar a cabo una buena refinación, varía de acuerdo al flujo de aceite y calidad con la que entra, así como a la concentración de la sosa. A la relación entre la cantidad de sosa cáustica y la de aceite crudo se le conoce como "tratamiento", y es la forma de determinar el flujo de sosa cáustica que deberá mezclarse para un proceso óptimo; esta relación está dado por los siguientes factores: ^{13 17}

$$\% \text{ TRATAMIENTO} = \frac{\text{FLUJO DE SOSA CAUSTICA}}{\text{FLUJO DE ACEITE CRUDO}}$$

$$\% \text{ TRATAMIENTO} = \frac{(\% \text{ DE A.G.L.} \times 0.142) + \% \text{ EXCESO}}{\% \text{ DE CONCENTRACION DE NaOH} / 100}$$

en donde

El % de AGL es del aceite crudo determinado por laboratorio .

El factor de 0.142 es el valor entre la relación de peso molecular del ácido oleico y la sosa cáustica

El % de exceso es un valor meramente empírico que ha sido determinado a lo largo de la experiencia de refinación y que corresponde a un valor entre 0.05 y 0.15 dependiendo del aceite crudo a refinar; éste exceso de sosa se define de acuerdo a la cantidad de acidez del aceite y

también se a definido de acuerdo a la cantidad de gomas presente en el aceite crudo, si es desgomado se utiliza 0.05 % y si es crudo con gomas el valor de 0.15 % como máximo.

El % de concentración de sosa cáustica (NaOH), corresponde al valor en base peso de la solución (del 10 al 20 % aprox.), éste rango es definido por la cantidad de acidez en el aceite a procesar, por lo regular se maneja la concentración en grados Baumé (°Bé) por lo hay que realizar la conversión a base peso. ^{13, 17}

Para entender un poco mejor esto se puede realizar con un ejemplo:

Para un aceite desgomado de soya con un % de AGL de 0.7 y utilizando un valor típico de concentración de sosa de 11 % se tiene.

$$\% \text{ tratamiento} = \frac{(0.7 \times 0.142) + 0.10}{11 / 100}$$

$$\% \text{ tratamiento} = 1.8 \%$$

Por lo que esto me indica que se tiene que agregar el 1.8 % de sosa con respecto al aceite crudo, es decir que para un flujo de aceite desgomado de 10 000 kg/hr , se tiene que agregar 180 kg/hr de sosa.

c) Mezclado intensivo y retención

Una vez en contacto la sosa y el aceite crudo pasan a uno, dos o tres tanques de retención con agitación o con paletas orientadas para agitar la mezcla durante todo el tiempo del paso por estos tanques. El tamaño de los tanques está calculado para que el tiempo de retención sea de entre 10 y 15 minutos. La razón para ésta retención es que la precipitación de los jabones no es instantánea.

A temperatura ambiental, los jabones comienzan a formar flóculos visibles a los 5 minutos de añadir la sosa y se calcula que la floculación es completa a los 7 u 8 minutos de tratamiento. Se recomienda un poco más de tiempo para asegurar la precipitación completa de los jabones y la formación de los flóculos de las gomas precipitadas anteriormente en el tanque de día ⁶

d) Calentamiento y centrifugado.

Después del tiempo de retención, la mezcla se calienta entre 70 y 80 °C e inmediatamente se pasa por la centrífuga separadora. Esta centrífuga esta equipada con un tambor de platos para altos caudales y ha sido especialmente diseñada para la separación de sustancias pastosas (soapstock, lecitina) contenidas en aceites comestibles, para lo cual dispone de rodetes especiales.

Tanto el soapstock separado del aceite como el aceite purificado se evacúan del tambor a presión, por medio de los rodetes centrípetos, gracias a este dispositivo, el aceite centrifugado no entra prácticamente en contacto con el aire exterior, puesto que el rodete estacionario forma un cierre hidráulico al sumergirse en el líquido que gira en el tambor 18

Por otra parte, el grado de separación puede optimizarse durante el servicio estrangulando la válvula incorporada en la línea de salida de aceite, ésta estrangulación que se mide como contrapresión y no repercute sobre la alimentación del mismo, por lo cual no se precisan bombas compensadoras de presión

e) Lavado con agua

Los equipos de neutralización química se arman básicamente con una o dos etapas de lavado, mas frecuentemente con una etapa de lavado, el motivo es la reducción de jabón restante después de la neutralización de los ácidos grasos libres con lejía sódica y la separación del soapstock formado para llevarlo a la medida necesaria para las siguientes etapas de elaboración 17

En algunos procesos se ha eliminado esta etapa de lavado agregando un aditivo de un silicato especial para absorber los restos de jabón, esta operación es cuestionable en cuanto a comparación de costos de operación y costos de estas tierras, así como la situación de cada procesador. 20

La operación de lavado consiste en que después de ser centrifugado el aceite, éste se envía por una tubería que se dirige a un mezclador en donde antes de entrar a éste, se adiciona agua suave que conecta con otra tubería a una temperatura aproximadamente de entre 6 a 10 °C por debajo de su punto de ebullición del agua y a una temperatura mayor que la del aceite, esto con el fin de evitar formar una emulsión; la dosificación del agua es controlada para mezclarse a una proporción entre 10 a 15 % con respecto al aceite. El mezclador envía la mezcla de aceite y agua a la centrifuga de lavado, donde se efectúa la separación del agua enriquecida con jabón y el aceite refinado. Esta centrifuga coincide con la de la etapa anterior, diferenciándose por no llevar el dispositivo de dilución de pastas 17

f) Secado

El aceite lavado se envía al secador al vacío con el fin de eliminar los restos de humedad que dejó el lavado, en este equipo el aceite se hace circular en forma de cascadas de mínimo espesor (aprox. uno a dos cm.) con ayuda de un distribuidor especial, a fin de facilitar la evaporación del agua. El aceite se acumula en el fondo del secador, siendo transportado después por una bomba a los tanques de aceite refinado

Un mando de nivel incorporado en el secador proporciona un nivel de aceite constante que trabaja en conjunto con líneas de by-pass e interruptores de límite para evitar la aspiración del aceite por el sistema de vacío.

3.3.2.3 BLANQUEO

El siguiente paso en el procesamiento de aceites vegetales después de la neutralización vía ruta tradicional es el BLANQUEO.

Aunque los fosfátidos, los ácidos grasos libres y algunos pigmentos son extraídos en los tratamientos previos de Refinación y Desgomado, el aceite aun contiene cuerpos de color, olores y diferentes impurezas que deben removerse para que el aceite terminado sea de color y sabor aceptables para el cliente. ²⁰

La práctica de blanquear el aceite casi siempre mejora su sabor inicial y añejado, así como la estabilidad a la oxidación del aceite desodorizado.

De los tanques de almacenamiento de aceite Refinado, se bombea el aceite al área de Blanqueo es dividido en dos corrientes antes de entrar al blanqueador, una de ellas es calentada y enviada al blanqueador, y la otra se mezcla con las tierras de blanqueo y enviada al blanqueador. La tierra gradualmente adsorbe materiales de oxidación, cuerpos de color y gomas residuales.

Después del blanqueo, la mezcla aceite / tierra se envía a los filtros de blanqueo y pulidores donde se separa la tierra agotada, el aceite blanqueado es almacenado o enviado directamente a la desodorización.

El proceso de blanqueo ha sido objeto de considerable atención, esto ha traído como resultado una mejor comprensión del hecho de que el proceso afecta a los aceites mas allá de la remoción de los materiales colorantes y que, además, influye en la estabilidad de los productos de aceites comestibles en un grado decisivo.

El proceso de blanqueo consiste en mezclar el aceite refinado con tierras absorbentes como las tierras clarificantes activadas por vía ácida, arcillas y el carbón activado con el fin de adsorber todos los residuos no deseables en el aceite que no fueron eliminados durante la refinación cáustica y que no se pueden eliminar en el desodorizador debido a que son no-volátiles y que no tienen color pero deben eliminarse para producir un aceite de calidad, además de blanquear el aceite.¹⁷

El objetivo fundamental de este proceso es la eliminación de todos los compuestos oxigenados presentes en el aceite; la reducción de color es un efecto adicional de la operación, ya que los efectos combinados cuando se emplean la refinación, la hidrogenación y el desodorizado reducen el color del aceite ^{4 17}

Esta reducción de productos de oxidación, que es la descomposición de hidroperóxidos crea un número de impurezas. Sin embargo, tiene que valorarse, que la cantidad total de todas estas impurezas dependerá del grado de oxidación del aceite que se blanquea. Estas impurezas son ácidos grasos conjugados, cetonas, aldehídos, trans ácidos grasos, ácidos grasos dímeros, polímeros y ácidos grasos de cadena corta. Es por eso fácil entender que los aceites vegetales deben de ser protegidos del oxígeno durante todo el proceso para obtener productos de buena calidad. ²⁰

El blanqueo de los aceites se logra mediante un proceso de adsorción. Los materiales polares, que están disueltos o suspendidos en el aceite en concentraciones relativamente bajas, se

adsorben en la superficie de las partículas sólidas de un material adsorbente. Estas superficies tienen centros cargados eléctricamente debido a las heterogeneidades en las redes cristalinas que constituyen las partículas. Se aplica la adsorción de un soluto a partir de una solución diluida sobre una superficie sólida 15

Para el blanqueo, son utilizados diferentes materiales como las arcillas no activadas y el carbón activado. Sin embargo el material más común es la tierra clarificante activada por vía ácida, hecha de un material llamado "montmorillonita". Este material sigue siendo muy popular porque posee propiedades las cuales ayudan a remover impurezas indeseadas de los aceites vegetales. Estas propiedades son material adsorbente, ácido sólido, catalizador e intercambiador catiónico. Un segundo factor crítico en las tierras es el contenido de humedad, este debe ser por lo menos un 10% o un poco mayor para una mejor adsorción debido a que estas tierras actúan mejor con esta cantidad de humedad, la tierra con un contenido de agua menor es mucho menos efectiva 9 20

Los compuestos que se absorben se muestran en la figura 11 de los que resultan con mayor interés, recordando que el grado de absorción depende de la falta de equilibrio electrostático por parte del adsorbente y de los compuestos a ser absorbidos, así como del tamaño molecular de estos compuestos

PROPIEDADES	INFLUENCIA SOBRE IMPUREZAS Y CONTAMINANTES
ácida	Fosfátidos, clorofilas, jabón, AGL
catalítica	Conjuntos, dímeros y polímeros, AGL y trans, peróxidos, cetonas y aldehídos, hidrocarburos, cuerpos coloridos
Intercambiador iónico	Fosfátidos, clorofila, jabón, trazas de metales, AGL
Absorción	Fosfátidos, clorofila, carotenos, ácido fosfórico, AGL, dímeros y polímeros, hidrocarburos

Figura No.11 Influencia de la tierra clarificante sobre impurezas y contaminantes 20

3.3.2.3.1 Descripción del proceso:

La Fig. 12 describe este proceso, el aceite refinado que contiene un 0.2 a 0.5 % de humedad y a una temperatura aprox de 70 a 80 °C, se envía hacia el área de blanqueo, en donde una parte del aceite se envía a un tanque de lodos en el cual se incorpora la tierra a una proporción del 0.5 al 1.2 % usualmente con respecto al flujo total del aceite a blanquear, esta cantidad depende de la calidad del aceite; en este tanque de lodos se realiza el mezclado de la tierra y el aceite para luego ser enviado al equipo blanqueador; por otra parte el resto de aceite refinado es introducido al blanqueador, en el cual se realiza el contacto total de las tierras con el aceite realizando el efecto de adsorción, en el blanqueador las condiciones se mantienen a una temperatura de entre 95 a 110 °C, operando a vacío, el aceite combinado con la tierra para su dispersión se desairea y se elimina la humedad durante un tiempo aprox. de 15 a 20 min Para lograr un efecto máximo y que la reacción de absorber las demás materias no-volátiles termine

Es importante que dentro del reactor blanqueador haya suficiente agitación en el recipiente para lograr un buen contacto de la tierra con el aceite sin la incorporación de aire 15 17

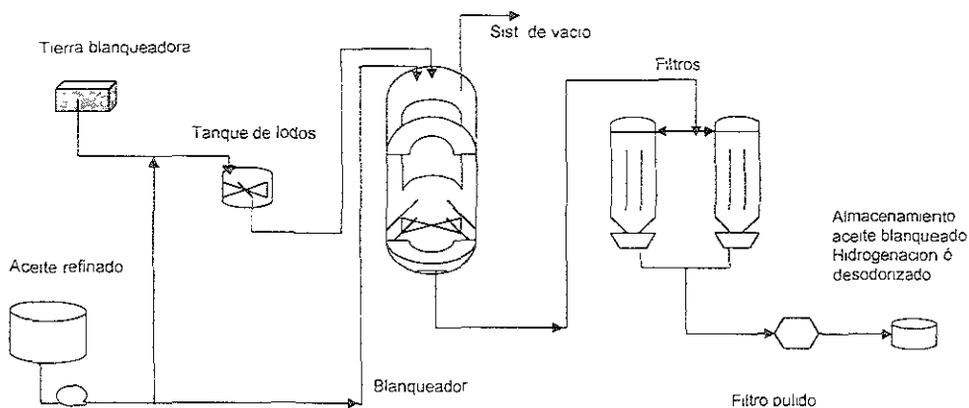


Figura No 12 Proceso de Blanqueo 17

El blanqueo al vacío, sea por lote o continuo, es de alguna manera más efectivo que el atmosférico, aunque este último puede producir aceites de buena calidad. 22

Una vez realizado el efecto en el blanqueador el aceite mezclado con la tierra de blanqueo es enviado inmediatamente a la filtración para eliminar las tierras que fueron utilizadas, las cuales se les conoce como "tierras agotadas" y que contienen un porcentaje de aceite entre el 15 al 25%, la filtración debe de ser continua, por lo que existen dos filtros que operan alternativamente, mientras uno está trabajando y filtrando el otro ha sido limpiado y desechado las tierras agotadas para ser operado en cuanto se satura el anterior, esto se determina teniendo control en la presión de los filtros y en los tiempos de trabajo.

El uso de filtro-ayuda puede ser únicamente como formación de precapa en el filtro, o en forma constante y continua a una relación aproximada del 10% de utilización de tierra, lo cual es más utilizado. 17

Los filtros son generalmente del tipo de tanque, horizontal o vertical, aunque aún se utilizan los filtro prensa. Una porción significativa de la adsorción total que tiene lugar durante el blanqueo ocurre en la filtración

El aceite que pasa a través de la capa de tierra en el filtro, que se colecta continuamente en el medio filtrante, entra en contacto con una concentración muy alta de adsorbente. Este adsorbente tiene todavía algunos centros activos libres, los cuales representan una capacidad significativa para la adsorción adicional de compuestos polares presentes en el aceite que pasa a través de la capa de filtro. ¹⁷

Es importante eliminar totalmente las tierras del aceite mediante la filtración efectiva, ya que la tierra residual podría obstruir el equipo y actuar como un prooxidante muy fuerte, además de posibles contaminaciones con *producto final*; por esto a la salida de los filtros principales se coloca un filtro pulido para detener partículas finas que llegasen a pasar por los anteriores. ¹⁷

Uno de los controles críticos en este proceso es la determinación de los peróxidos, es imprescindible que al salir del blanqueo el aceite tenga cero peróxidos. A la salida de blanqueo la mayor parte de los antioxidantes naturales han sido eliminados, por lo que es importante protegerlo contra el oxígeno, evitando así el contacto con el aire y de ser posible proceder al proceso siguiente de la hidrogenación o la desodorización. Las tierras agotadas son desechadas y algunas ocasiones se destinan para adición en pequeñas proporciones para consumo animal. ^{16, 17}

3.3.2.4. DESODORIZADO

La operación final y también crítica de la Refinación del aceite o grasa es la DESODORIZACIÓN, su objetivo consiste en eliminar al aceite por destilación y a presión reducida los compuestos volátiles que afectan las características organolépticas del producto

Al producto de salida del proceso se le agrega un porcentaje de antioxidante (de 50 a 100 ppm) para mejorar la resistencia a la oxidación.

Este es el último proceso unitario en la limpieza de los aceites y grasas comestibles y la última oportunidad para eliminar los contaminantes no deseados. Esta etapa final también es crítica en el proceso de Refinación.

El objetivo consiste en eliminar los compuestos volátiles que afectan las características organolépticas de los aceites tales como ^{17 21}

a) Eliminar los ácidos grasos libres

b) Eliminar los productos de oxidación debidos a la acción enzimática o la oxidación térmica durante el almacenamiento de las semillas o de los aceites como son epóxidos, peróxidos, hidroperóxidos y algunos hidrocarburos aromáticos

La oxidación de los aceites es causa de polimerización y de rancidez. Los peróxidos son total o parcialmente destruidos en el blanqueo, siendo transformados en aldehídos y cetonas, estos compuestos solo pueden ser eliminados por destilación durante la desodorización aunque sea parcialmente.

c) Eliminar color de algunos carotenoides y subproductos.

d) Eliminar pesticidas residuales y micotoxinas.

e) Eliminar compuestos no triglicéridos.

Antes de la desodorización se han eliminado la mayoría de los compuestos no-volátiles del aceite. La desodorización elimina los compuestos que pueden volatilizarse durante tratamiento por vapor a temperatura elevada y a un vacío casi completo. ¹²

Este proceso consiste en inyectar vapor de agua seco, desaireado y preferiblemente sobrecalentado al aceite que se encuentra a una presión casi absoluta baja (de 3 a 9 mmHg) y a una temperatura lo suficientemente alta (usualmente entre 250 a 270 °C) para volatilizar los ácidos grasos libres, hidrocarburos insaturados, aldehídos y cetonas, compuestos que si no son eliminados proporcionan al aceite olores y sabores desagradables

El resultado óptimo de este proceso es obtener un aceite o grasa de máxima calidad, con un contenido de AGL no mayor a 0.03 %, sin sabor, ni olor, entre otros parámetros de calidad ^{16 - 17}

La desodorización a alta temperatura aumenta la volatilidad de las sustancias a eliminar y por otra parte, la introducción de vapor vivo acelera la evaporación.

Una presión absoluta baja en el desodorizador, ayuda a destilar estas sustancias y además protege al aceite de la oxidación

El factor tiempo no interviene directamente, pero evidentemente puede ser reducido aumentando la temperatura, reduciendo la presión absoluta y mejorando la dispersión del vapor en el aceite, o bien, aumentando la cantidad de vapor inyectado. Las técnicas de desodorización puede ser continua o semi-continua, en éste informe sólo es descrita ésta última

3.3.2.4.1 Descripción del proceso

La descripción del proceso esta ilustrada en la Figura 13, éste proceso consiste en introducir el aceite blanqueado o hidrogenado a un tanque medidor que funciona para regular el flujo antes de entrar al equipo desodorizador, en un equipo semi-continuo en donde se tienen dos charolas de calentamiento, dos de desodorización y una de enfriamiento, el aceite que entra por la parte superior es calentado con vapor por medio de un intercambiador de calor instalado en el equipo, posteriormente es calentado por medio de aceite térmico enchaquetado o "dowterm" cuya temperatura se eleva por medio de una caldera como equipo auxiliar que puede calentar al aceite a la temperatura de desodorización. Posteriormente se envía al aceite a las charolas donde propiamente es desodorizado y descargado al último piso para ser enfriado con agua fría de torres de enfriamiento por medio de serpentines en un intercambiador de calor. En cada piso es inyectado el vapor seco de arrastre. ¹⁷

El aceite desodorizado enfriado a una temperatura aproximada de 40 °C es bombeado a los tanques de almacenamiento para ser envasado como producto terminado

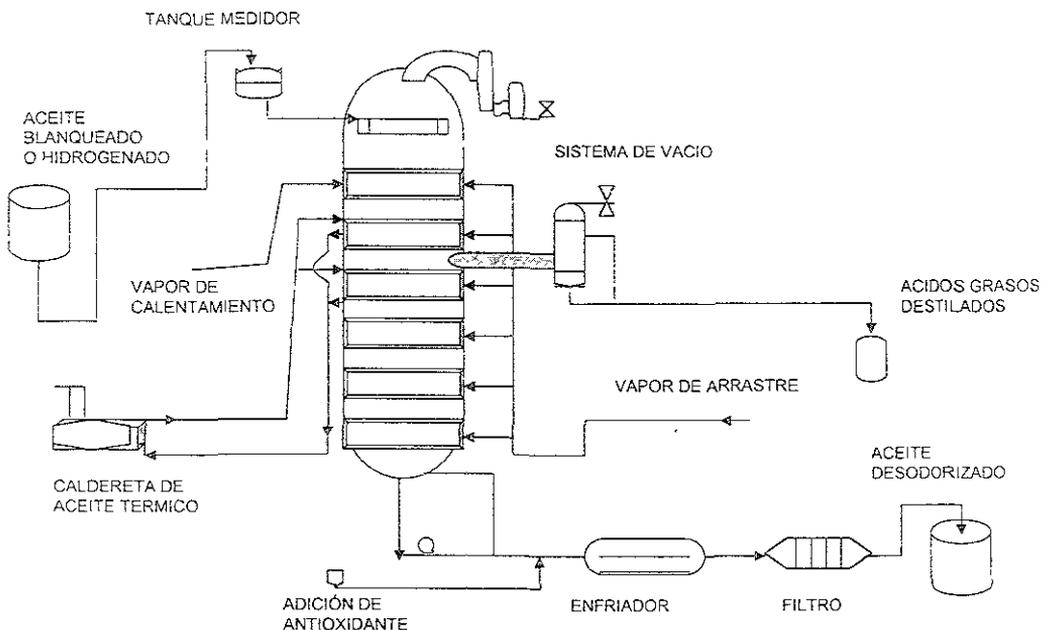


Figura No. 13 Proceso de Desodorizado 17

El equipo está provisto de un sistema de vacío por medio de eyectores y condensadores de tres etapas para producir el vacío casi absoluto.

A la salida del desodorizador es muy común la adición del antioxidante en proporciones de 50 a 100 ppm por medio de una bomba.

Posteriormente el aceite pasa a un enfriador final instalado fuera del equipo en el cual regula la temperatura entre 40 a 60 °C para ser filtrado en un filtro de hojas y enviado para su almacenamiento o envasado. 17

El tipo de desodorizador semicontinuo está diseñado para realizar diversos cambios de productos diarios, se pueden realizar hasta siete cambios de productos sin disminuir la producción nominal

Este aparato está formado por una sola columna con varios pisos como niveles. El primer piso es de intercambio, el segundo de calentamiento, el tercero y cuarto de desodorización, el quinto de intercambio, el sexto de enfriamiento y el séptimo es un depósito pulmón que descarga el producto final. 21

3.3.2.5. *HIDROGENACIÓN.*

La hidrogenación se efectúa principalmente cuando los aceites se quieren convertir en grasas; consiste en la reacción de las grasas y aceites con el gas hidrógeno en presencia de un catalizador. Este tratamiento resulta en la adición de hidrógeno a la grasa o aceite, transformando los enlaces no saturados en enlaces saturados junto con otras reacciones, el catalizador más comúnmente empleado para ésta operación es el níquel. Al final de la operación, el níquel es eliminado por medio de filtración. ¹⁷

Cuando se quiere hidrogenar el aceite, éste proceso se realiza después del blanqueo. La hidrogenación tiene como fin la disminución del grado de insaturación de los ácidos grasos de los aceites y grasas añadiendo una molécula de hidrógeno, y un efecto secundario es que también produce (en varios grados, dependiendo de las condiciones de la hidrogenación) la trans-isomeración de las ligaduras dobles. ^{5 10}

Las reacciones mencionadas se pueden controlar para los niveles variables de sólidos y de isómeros trans en los productos hidrogenados

Ambos efectos elevan el punto de fusión de los aceites y al mismo tiempo aumenta su estabilidad frente al oxígeno por lo que se logra una vida útil más larga en los productos que forman parte, esto se realiza principalmente para la elaboración de mantecas. ¹

Este proceso se efectúa adicionando gas hidrógeno en la parte insaturada del aceite en presencia de un catalizador especial que generalmente es níquel.

Como ya se mencionó anteriormente, para llevar a cabo la hidrogenación con éxito se debe primero refinar y blanquear el aceite para eliminar la mayoría de las impurezas tales como jabón, fósforo, AGL, peróxidos; pigmentos, estas impurezas y en especial el jabón que debe de ser cero, ya que éstas sustancias son venenos para el catalizador, después de que estos compuestos han sido eliminados, el proceso de hidrogenación puede controlarse fácilmente para obtener las características físicas y químicas deseadas en el producto final ^{3, 12}

3.3.2.5.1 *Descripción del proceso*

El aceite refinado y blanqueado, se carga al convertidor o reactor, calentando el aceite a una temperatura de 150 °C, habiendo el vacío adecuado de 0.8 kg/cm², se agrega el catalizador adecuado para que por medio de las condiciones que se describirán posteriormente de temperatura, presión, concentración del catalizador y agitación, se lleva a cabo la adición de hidrógeno y comienza la reacción. Esta reacción es exotérmica, es decir desprende calor, por lo que la mezcla alcanza temperaturas entre 190 y 210 ° C. Al terminar la reacción de adición de hidrógeno, se enfría y descarga el convertidor, separándose el catalizador por filtración por medio de filtros, en tal forma que su eliminación sea total. ¹⁷

La Fig. 14 describe este proceso

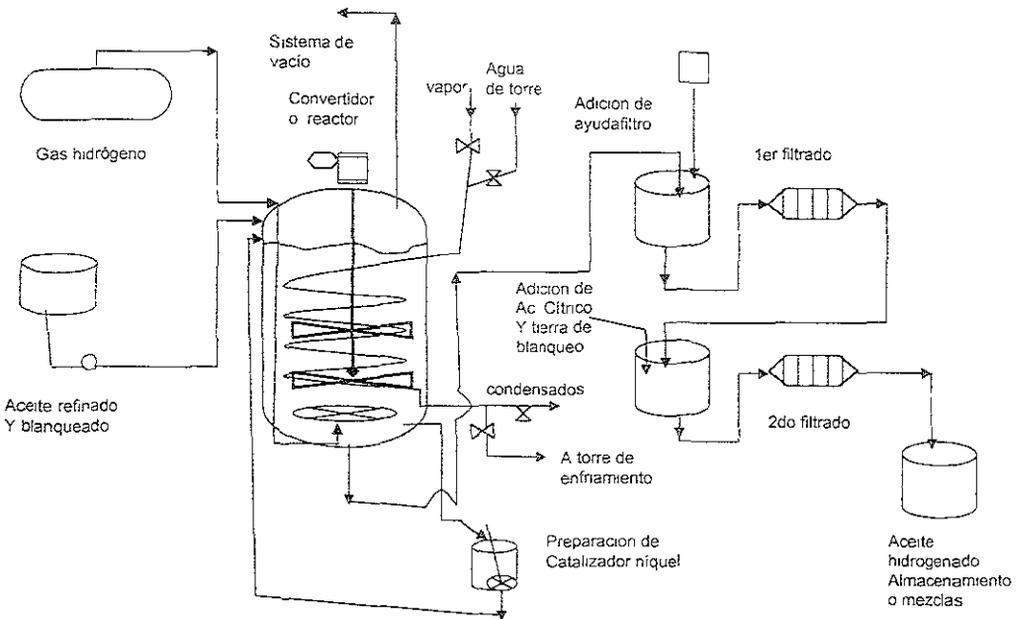


Figura No. 14 Proceso de Hidrogenación 17

El grado de hidrogenación depende de la cantidad de hidrógeno combinado con la grasa o aceite y se mide en laboratorio por índice de refracción y por índices de iodo. 16

La hidrogenación sólo tiene lugar en presencia de un catalizador metálico (normalmente níquel), con una buena dispersión del gas, presión y temperaturas elevada.

El gas hidrógeno normalmente se suministra desde un equipo de generación incorporado en la planta, se genera normalmente por hidrólisis del agua y mediante pirólisis catalítica del metano.

Cada producto hidrogenado precisa un conjunto de condiciones operativas específicas: Presión, temperatura, cantidad y tiempo de catalizador, la descripción del proceso se puede dividir en varias etapas: 11 17

a) Carga, calentamiento y adición del catalizador.

Desde el depósito de alimentación del aceite refinado y blanqueado se bombea éste aceite a un convertidor (reactor). Cuando el aceite en el convertidor alcanza el nivel preseleccionado la

bomba de suministro se desconecta y la válvula de entrada se cierra. Al finalizar el ciclo de llenado, una carga de catalizador previamente preparada (una mezcla de aceite refinado y blanqueado con catalizador), se bombea al convertidor. En algunas instalaciones puede haber un calentamiento previo del aceite de entrada mediante circulación de aceite de salida de uno de los reactores por medio de un intercambiador de calor regenerativo.

En las instalaciones sin recuperación térmica el calor es suministrado con vapor, mediante un serpentín en el convertidor.

b) Hidrogenación

Quando todo esta a punto para iniciar el proceso, se coloca en la posición de hidrogenación (es un interruptor selector en el panel de control). Entonces se activa el agitador del convertidor debido a que es necesario que el gas entre en íntimo contacto con los ácidos grasos en presencia del catalizador que acelera el proceso y el gas hidrógeno se inyecta al convertidor con el aceite para su incorporación de éste. La presión del hidrógeno dentro del recipiente se comprueba mediante un controlador de presión y el calor liberado por la reacción es eliminado mediante agua de refrigeración regulada por un controlador de temperatura. La duración del ciclo de hidrogenado depende del índice de iodo final deseado. La cantidad de hidrógeno necesario para alcanzar el punto especificado se selecciona en un contador de gas. Una vez que se ha suministrado al convertidor la cantidad de hidrógeno preseleccionada, se analiza una muestra para determinar si ya se ha alcanzado el punto final de hidrogenación; entonces el aceite ya está listo para ser filtrado. 17

c) Enfriamiento y primer filtrado

El lote de aceite hidrogenado se bombea a través de un enfriador al circular hacia el filtrado, el enfriador, es un intercambiador de calor de espiral regenerativo que emplea el contenido térmico del aceite ya procesado para someter a calentamiento al próximo lote de materia prima llenando el otro convertidor. Como se había mencionado en caso de no contar con este sistema, es muy común que el mismo serpentín que funcionó para calentamiento, ahora se use para enfriamiento haciendo pasar agua fría de la torre de enfriamiento.

Después el aceite se bombea a través de un filtro a presión que sólo deja unos vestigios insignificantes (de 3 a 5 ppm) del catalizador. El catalizador separado se descarga en un depósito de retención en donde es desechado y preparado para su confinamiento.

d) Tratamiento Posterior, filtración final y enfriado

Para retirar los últimos vestigios de catalizador se le añade una pequeña cantidad de solución de ácido cítrico y coadyuvante de filtración o tierra de blanqueo. En este recipiente el ácido cítrico reacciona con los restos de níquel contenidos en el aceite, formando un complejo insoluble de citrato de níquel que se precipita en el coadyuvante de filtración. El contenido de agua de la solución de ácido cítrico, junto con el hidrógeno disuelto, se elimina del aceite por vacío.

El aceite hidrogenado se bombea hacia un filtro de acabado que extrae el complejo de citrato de níquel

Luego del enfriamiento final en un intercambiador de calor de placas, el aceite hidrogenado se hace circular hasta los tanques de almacenamiento. En caso de que se haya enfriado desde el convertidor ya no necesita este enfriamiento

Para especificar un producto hidrogenado se utiliza como método universal el rango de fusión o curva de contenido de sólidos, el nivel de sólidos es determinado en laboratorio por dilatometría, en el cual se obtiene un SFI (Índice de Grasa Sólida), que es el índice relativo del contenido de sólidos, que aunque no representa el % real de sólidos, da una medida relativa consistente. La dilatometría es válida hasta un 50 % de SFI Si se requiere el contenido real de sólidos se tendría que aplicar una prueba de RMN (Resonancia Magnética Nuclear) el cual se obtiene un SFC (contenido de grasa sólida). ^{11, 16}

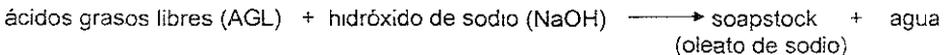
3.3.2.6 . SUBPRODUCTOS DE LA REFINACIÓN

Los subproductos de la Refinación alcalina son utilizados con fines comerciales o para aprovecharse como parte de materias primas en otros productos, los principales subproductos son el soapstock o jabón en la etapa de neutralización para producir los llamados "ácidos grasos acidulados" (AGT) y los *ácidos grasos destilados en la etapa de desodorización para adicionarlos en la lecitina producida en el desgomado.*

Los ácidos grasos acidulados son un subproducto de la refinación de aceites comestibles, los cuales han sido tratados con productos químicos para ser utilizados para fines específicos

Dentro del proceso general de la refinación de aceites comestibles que se describió anteriormente (figura 6 de la pag. 25), la etapa de refinación cáustica tiene por objetivo principal la eliminación de los "ácidos grasos libres" (AGL), que son sustancias presentes en el aceite crudo o desgomado en el orden del 0.3 al 1%; estos componentes indeseables se eliminan en esta etapa mediante la reacción en contacto y mezclado con una solución de sosa cáustica (NaOH), el producto de esta reacción es una sustancia pastosa de viscosidad alta llamada "soapstock" o "jaboncillo" o simplemente "jabón", la cual se separa del aceite refinado por centrifugación, este "jabón", es llevado a tanques de almacenamiento. ^{17 20}

A continuación se describe en forma simple la reacción:



El "soapstock" que se encuentra en tanques de almacenamiento, se coloca en un tanque mezclador en el cual se le adiciona ácido sulfúrico (H₂SO₄), mezclándose por medio de inyección de aire en la parte inferior del tanque con el objeto de provocar una reacción denominada "acidulación" y cuyo objeto específico es separar del soapstock todos los ácidos grasos libres que se encuentran en el para aprovechar su valor energético que le da precio para su venta en el mercado.

La reacción se produce cuando se pone en contacto el ácido sulfúrico y la sosa cáustica contenida en el soapstock, el ácido y la sosa se precipitan al fondo del tanque por reposo y decantación y se eliminan por medio de purga para luego ser neutralizados y desechados

Los ácidos grasos libres que quedan en el tanque son lavados con agua para quitarles el resto del soapstock que les pudo haber quedado, eliminándose luego el agua por medio de purga y pasando los ácidos grasos a un tanque de almacenamiento para su posterior venta. ¹⁷

Terminado el proceso de acidulación estos ácidos grasos reciben el nombre de "ácidos grasos acidulados".

El porcentaje de humedad que contienen los ácidos grasos acidulados debe ser del 5% máximo ¹⁶

La figura 15 muestra esquemáticamente la producción de AGT.

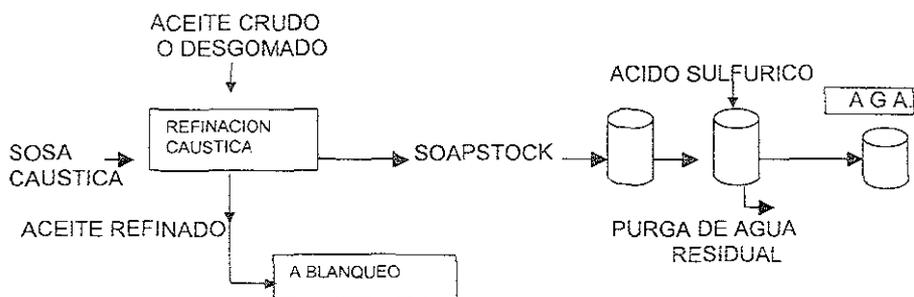


Figura No 15 subproducto de la refinación cáustica. ¹⁷

El soapstock o jabón también puede ser vendido sin pasar por el proceso de acidulación, este producto al encontrarse en el tanque de almacenamiento es purgado para retirarle la mayor cantidad de agua posible, (el agua se precipita al fondo). Sin embargo el precio del jabón es menor que si se acidula. ¹⁷

Esto es debido a que el precio de venta lo rige la cantidad de ácidos grasos totales (A.G.T) que son los ácidos grasos libres y el aceite neutro que se mezclaron en el soapstock. Los valores de A.G.T oscilan entre 30 y 60 % dependiendo de la calidad de purgado del agua; de esta manera entre menor sea el % de AGT, el porcentaje de agua será mayor y viceversa. ¹⁶

En cuanto se refiere de los ácidos grasos destilados del desodorizador, estos son enviados a la planta de Lecitina para incorporarse a ésta y dar la viscosidad requerida que se demande. Así mismo otra opción es la de aprovechar los tocoferoles o vitamina E que le da valor en el mercado.

4. CONTROL DE MERMAS EN LA ETAPA DE REFINACION (NEUTRALIZACION)

Dentro del procesamiento de Refinación de aceites comestibles, uno de los aspectos más importantes es el control y monitoreo del rendimiento en cada etapa, principalmente en la refinación, las pérdidas que se generan cuando el proceso no es operado y controlado adecuadamente pueden ser considerables y representan cantidades económicas de mucho interés y repercuten en las utilidades de la compañía

En la etapa de la refinación el punto crítico de merma es la pérdida de aceite que, como se ha indicado en la fase de neutralización, se generan pérdidas que se deben fundamentalmente a: 17

- a) Neutralización de ácidos orgánicos presentes en el aceite.
- b) Saponificación de glicéridos neutros
- c) Pérdidas de aceite neutro por fenómenos de emulsión
- d) Saponificación de mucilagos, sustancias colorantes y otras impurezas.

Por lo que se refiere a la pérdida a), esta no se puede evitar, porque es la finalidad de la Neutralización. La pérdida b), se puede reducir al mínimo procurando actuar con las siguientes precauciones:

- Dosificación muy precisa de la cantidad de solución de NaOH.
- Utilización de la concentración idónea de solución de NaOH.
- Trabajar a temperatura dentro de los rangos de operación

Las pérdidas c) y d) se pueden reducir mucho o hasta eliminar efectuando la operación de neutralización sobre aceites perfectamente desgomados. 6 17

La forma más representativa de calcular las pérdidas que se están teniendo en esta etapa, es la que se determina por medio de pesos, la diferencia entre la cantidad de aceite crudo que entra a refinarse y la cantidad de aceite refinado, representa el porcentaje de pérdida en base a peso que se obtiene en el proceso.

Existen en la actualidad también medidores de flujo digitales que registran las cantidades de aceite que entra al proceso y la cantidad de aceite que sale después de refinado, así como la cantidad de lejía que es dosificada, la cual es controlada automáticamente por un PLC (controlador lógico programable) el cuál es programado previamente. Con este tipo de controladores se pueden obtener la información del Rendimiento del proceso, el porcentaje de pérdida de aceite, las cantidades procesadas, los consumos de lejía, el tratamiento utilizado, temperatura del proceso y su regulación, todo esto operado de forma automática lo cual es de suma utilidad para la optimización de este proceso.

Dado la sensibilidad de estos equipos, deben de calibrarse cuando menos cada semana para asegurarse que las lecturas registradas sean las correctas y no existan discrepancias, por lo que para esto se efectúa por medio de un "by-pass" en la instalación de las tuberías de tal manera que el aceite que entra y se registra en el medidor de entrada, salga inmediatamente por el medidor de salida del aceite, por lo que se garantiza que la cantidad de aceite de entrada, es el mismo que el de salida y de esta manera se realizan los ajustes necesarios para que quede equilibrado el sistema, y así obtener una indicación fidedigna de las pérdidas. 17

Una de las desventajas de utilizar este tipo de dispositivos es el mantenimiento continuo que debe de realizarse a los dispositivos, dado a su complejidad de operación, en muchas ocasiones el personal de planta no está capacitado para resolver problemas de tipos electrónicos o de programación, por lo que se requiere realizar la consulta al técnico especialista del sistema.

Cuando no se cuenta con este tipo de sistemas, las pérdidas de aceite en la Refinación son obtenidas mediante balances físicos y químicos del aceite procesado y los subproductos. Esto consiste en la realización de una prueba de balances de materiales en la Refinación, de esta manera se pueden cuantificar las pérdidas en una corrida de tiempo determinada y repetirla en varias ocasiones para representar el rendimiento del proceso que se está trabajando y de ésta forma evaluar si se encuentra trabajando dentro de los parámetros de operación adecuados así como detectar oportunidades de mejora o corregir anomalías. 17

La calidad del aceite crudo con que entra al proceso es determinante en el rendimiento de la Refinación, un aceite con alto contenido de AGL, fosfátidos e impurezas, obviamente tendrá *mayores pérdidas de aceite en la Refinación y por consecuencia menores rendimientos que un aceite crudo con menores proporciones de estos componentes.* 12

Una forma sencilla de calcular la pérdida inevitable de forma teórica en la refinación y que se puede considerar representativa, es la que se calcula mediante la siguiente operación: 17

$$\% \text{ pérdida} = (\% \text{ de AGL} + \% \text{ de fosfátidos}) * 1.5 + (\% \text{ de impurezas volátiles})$$

Esta relación considera como un factor de refinación estándar y que se ha globalizado por pruebas elaboradas a nivel laboratorio con un valor de 1.5, lo cual nos indica que se va a perder de aceite un 50 % mas con respecto a las impurezas del crudo en AGL y fosfátidos principalmente. 17

A continuación se describirá la prueba de Refinación que puede efectuarse con resultados aceptables si se siguen los cuidados necesarios, ésta prueba se realiza cuando no se tienen los medidores de caudal precisos y/o el proceso es continuo y no se puede determinar las cantidades de entrada y salida simultáneamente. 17

1. Antes de comenzar la prueba es necesario que se determine el momento aproximado en que se procesará el aceite crudo contenido en el tanque de día, el lugar en donde será enviado el aceite Refinado, si no se tendrán paros programados y si existe la cantidad suficiente de aceite para una corrida de ocho horas como mínimo
2. Se debe tomar una muestra de aceite crudo representativa del tanque para su posterior análisis de laboratorio, es de suma importancia que ésta muestra sea tomada antes de que se agregue el ácido fosfórico, porque de otra manera los análisis de fosfátidos se alterarían y los cálculos finales de pérdidas serían erróneos.
3. Para iniciar la prueba, medir el flujo y la cantidad de aceite crudo a refinarse, se debe medir la cantidad de aceite que contiene el tanque de día, esto se realiza midiendo la distancia interna que no contiene aceite hasta el borde del tanque y deberá medirse la temperatura del aceite en ese momento, de ésta manera se tendrá por diferencia la

cantidad másica de aceite del tanque con la cubicación del diseño del tanque y la densidad del aceite a la temperatura registrada

4. Al momento de que inicie el arranque de la bomba del tanque de día para ser procesado el aceite, se comienza a contar el tiempo con el fin de tener el flujo de aceite que entra al proceso, de ésta manera si en una hora se consumieron 8000 Kg. el caudal es de 8000 kg/hr. Al final de la corrida se puede sacar el promedio global.
5. El aceite Refinado que es enviado al tanque preestablecido, normalmente se envía inmediatamente a Blanqueo, lo cual es una operación continua. De no ser así y el aceite Refinado permanece en el tanque sin que se tome nada de él, es recomendable también medir la cantidad inicial y final durante la prueba efectuada, con el fin de obtener mayor información y cotejar los resultados.
6. Una vez comenzada la prueba, se debe tener mucho cuidado en paros que tenga la línea, reprocesos u otra alteración de la continuidad del proceso, esto debido a que se está tomando caudales con respecto al tiempo y deben de ser ajustados para los cálculos finales.
7. Durante el transcurso de la prueba aproximadamente cada hora deben de registrarse los caudales de sosa cáustica, soapstock y aguas de lavado con el fin de tener promedios de las cantidades en masa de estos flujos que serán datos para cálculos posteriores. En el caso de la sosa cáustica el flujo es medido realizando el juego de válvulas de tal manera que la sosa no entre al proceso y sea recogido en un recipiente tomando el tiempo de llenado y de ésta manera por peso determinar el flujo. De la misma manera se puede determinar el soapsock, desviando la caída de la centrífuga a un recipiente y cuantificando la cantidad en un lapso de tiempo determinado. Es recomendable que se realice este calculo en un ciclo de auto lavado de la centrífuga, debido a que la caída a lo largo de este ciclo es inestable, comúnmente tarda aproximadamente cinco minutos.
8. Las condiciones en que se opera la línea como son temperaturas del aceite, agua de lavado, presiones de trabajo de centrifugas, mezcladoras, datos de sistema de vacío, entre otras condiciones, deben también registrarse cada hora para que se tengan datos del proceso y pueden ser analizados para la correcta operación del proceso.
9. A lo largo de la prueba deben de tomarse muestras compuestas de aceite refinado y aguas de lavado, así como del soapstock para ser analizados posteriormente en el laboratorio al término de la prueba, los análisis requeridos se enlistan en la fig. 16.

ACEITE CRUDO	ACEITE REFINADO	SOAPSTOCK	AGUA DE LAVADO
% fosfátidos	% fosfátidos	% de aceite neutro	% de aceite
% acidez	% acidez	% humedad	
% humedad	% humedad		
% impurezas	% impurezas		
Color lovibond celda 5 ¼	Color lovibond celda 5 ¼		
	ppm de jabón		

Figura No. 16 Análisis requeridos para la prueba de Refinación (Neutralización)

En el caso de la sosa cáustica se debe tomar una muestra y medirse la concentración en que se encuentra durante la prueba, el dato puede ser medido en grados Baumé o en porcentaje en base peso, la conversión para ambas unidades está expresada en tablas correspondientes. 6

10. Una vez transcurrido el tiempo de prueba o terminado el aceite del tanque, se determina el tiempo transcurrido y los niveles de aceite que se tienen en el tanque de la prueba, para tener así los caudales y/o cantidades volumétricas que se utilizaron, recordando la medición de la temperatura para transformarse en cantidades másicas por medio de la densidad del aceite.
11. Con los datos obtenidos y los resultados de laboratorio se procede a realizar los cálculos para determinar el rendimiento del proceso y la calidad del producto, así como las observaciones y conclusiones pertinentes, para lo cual se realiza lo siguiente.
 - a) Para calcular el rendimiento se evalúa la "perdida bruta inevitable" (PBI), que es la suma de todos los componentes que no son aceite vegetal (triglicéridos) en el aceite crudo y la "impureza residual" (IR) que es lo mismo pero en el aceite refinado, los datos obtenidos son los resultados de laboratorio.
 - b) Se obtienen los promedios de los flujos de soapstock y de las aguas de lavado para tener estos caudales en Kg/hr.
12. Para determinar el flujo de aceite de entrada, se obtiene por medio de las mediciones iniciales y finales del tanque en donde se llevó a cabo la prueba, teniendo previamente la cubicación del tanque, se obtiene el volumen consumido y multiplicado por la densidad el valor se transforma en cantidad másica en donde dividido por las horas de la prueba el flujo estará en Kg/hr.
13. Se realizan los siguientes cálculos: 17

Pérdidas en separación centrífuga:

$$I) \text{ ACEITE EN SOAPSTOCK} = (\text{Flujo de soapstock}) \times (\text{porcentaje de aceite neutro}) / 100$$

Pérdidas de aceite neutro por saponificación.

- a) Jabón por ácidos = $(\text{AGL del aceite crudo} - \text{AGL del aceite refinado}) \times (\text{Flujo de aceite de entrada}) \times (1.08) / 100$
- b) Jabón por fosfátidos = $(\text{Porcentaje de gomas del aceite crudo}) \times (\text{Flujo de Aceite crudo}) / 100$
- c) Jabón teórico = $(\text{Jabón por ácidos} + \text{Jabón por fosfátidos})$
- d) Jabón por soapstock = $(\text{Flujo de soapstock}) \times (100 - \% \text{ aceite neutro en soapstock} - \% \text{ humedad en soapstock}) / 100$

II) ACEITE NEUTRO POR SAPONIFICACIÓN = (Jabón por soapstock – Jabón teórico)

Con los datos anteriores se obtienen los siguientes resultados:

A) PERDIDA TOTAL DE ACEITE NEUTRO = ACEITE EN SOAPSTOCK + ACEITE NEUTRO
POR SAPONIFICACION

B) PERDIDA INEVITABLE = (FLUJO DE ACEITE CRUDO) x (PBI – IR) / 100

C) PERDIDA DE ACEITE EN AGUAS DE LAVADO = (FLUJO DE AGUA) X (% DE ACEITE EN
AGUA RESIDUAL) / 100

D) PERDIDA TOTAL = (A + B + C)

E) PORCENTAJE DE PERDIDA TOTAL=(PERDIDA TOTAL) / (FLUJO DE ACEITE DE
ENTRADA) X 100

F) RENDIMIENTO = 100 - % DE PERDIDA TOTAL

G) FACTOR DE REFINACIÓN = (% DE PERDIDA TOTAL) / (PBI – IR) [STD = 1.5]

Este Factor de Refinación como se había mencionado anteriormente, es un parámetro que nos indica la eficacia del proceso de Refinación en cuanto a pérdidas de aceite se refiere, lo cual se esta refiriendo a que usualmente se va a perder un 50 % mas de las impurezas que contenga un aceite crudo al pasar por este proceso, es decir si un aceite crudo contiene 1.2 % de impurezas, se está permitido perder hasta 1.8 % de aceite propiamente dicho. 17

Algunos refinadores también han considerado este factor en valores que oscilan entre 1.3 a 1.7, valor que es considerado según la información que han recibido 6

La cuestión que si es de suma importancia es que este valor debe de estar lo mas cercano al estandar mencionado de 1.5, valores mas altos como de 2, 2.5 ó mas, deben de ser analizados con cuidado debido a que indica que se está perdiendo cantidades considerables de aceite a mas de lo permitido, por lo que se tiene que encontrar causas que este afectando esta discrepancia. Así mismo valores muy por debajo de este valor estandar, se tendrían que revisar cálculos o detalles de las pruebas y mediciones para corroborar los resultados. Todo esto para evitar fugas de recursos que están costando a la industria procesadora de aceites importantes cantidades para las utilidades financieras. 17

5. CONTROL DEL PROCESO Y PERDIDAS EN LA ETAPA DE BLANQUEO

Además de la Refinación la etapa de Blanqueo (aunque en menor grado) requiere que se vigilen y controien los aspectos críticos del proceso, estos aspectos son la temperatura, presión, cantidad de tierras absorbentes y ayudafiltros, así como la calidad de entrada del aceite Refinado y por supuesto el Blanqueado, en la próxima sección se hablará de los valores en que deben de mantenerse estos parámetros.

Para un correcto proceso no sólo debe cuidarse la calidad del aceite, sino que también se debe procesar el aceite utilizando los insumos correctos y sin excesos para evitar fugas de recursos y pérdidas mayores a las establecidas y de ésta manera reducir costos en la operación.

Los dos principales factores que deben de monitorearse y cuantificarse son. La cantidad de tierra de blanqueo utilizada y la cantidad de aceite que se retuvo en las tierras agotadas después de filtrado el aceite ¹⁷

La forma de determinar estos consumos es muy sencilla y deben de realizarse pruebas periódicas para comprobar que sé está dentro de los estándares establecidos, en el caso del consumo de tierras el valor recomendado varia desde 0.4 hasta 1.2 % con respecto a la cantidad de aceite blanqueado y dependiendo del tipo de aceite y la calidad de entrada, así por ejemplo para un aceite de coco correctamente refinado un valor promedio es de 0.5 %, y para un aceite de soya desgomado y refinado el valor promedio es de 0.8 %. ^{13 17}

El flujo de tierra se dosifica usualmente mediante un tornillo tipo "gusano" que se integra con un variador de velocidad para regular los flujos, para conocer la cantidad de tierras es necesario desviar la alimentación de tierras hacia un depósito aislado durante un lapso de tiempo corto (1 ó 2 minutos aprox.), de ésta manera y por peso se determina la dosificación de tierras de blanqueo en el proceso, es recomendable realizar varias pruebas para obtener un promedio representativo.

El flujo de aceite se determina por medio de mediciones de tanques y su cubicación por unidad de tiempo como en el caso de la Refinación.

El porcentaje de aceite en las tierras agotadas de Blanqueo se obtiene mediante una muestra compuesta una vez descargado el filtro en donde se trabajó y que se analiza en laboratorio; de ésta manera se obtiene la pérdida de aceite y el porcentaje de tierras de blanqueo empleadas en este proceso con los siguientes cálculos: ¹⁷

$$\% \text{ de tierras de blanqueo} = \frac{\text{Flujo de tierra de blanqueo}}{\text{Flujo de aceite de entrada}} \times 100$$

Y para la pérdida de aceite:

$$\text{Pérdida de aceite} = \frac{(\text{flujo de tierras de blanqueo}) (\% \text{ de aceite en tierras agotadas})}{(100 - \% \text{ de aceite en tierras agotadas})} \quad \{ \text{Kg/hr} \}$$

$$\text{Porcentaje de pérdida de aceite} = \frac{\text{Pérdida de aceite}}{\text{Flujo de aceite de entrada}} \times 100$$

Así de esta manera se cuantifican los valores que se están *obteniendo durante el proceso* y se deben comparar con los parámetros establecidos para corroborar que se encuentren dentro de lo especificado. ¹⁷

Para el caso de la pérdida de aceite en blanqueo se tiene un estándar máximo de 0.2 %, y el aceite retenido en las tierras agotadas debe ser como máximo del 25 %. El valor de 0.8 % como máximo para el porcentaje de dosificación de tierras de blanqueo se ha tomado como valor recomendado para obtener un producto aceptable. ^{13 17}

Durante ésta prueba también debe de tomarse una muestra compuesta del aceite refinado que entra a Blanqueo y dos horas después (en un proceso continuo) una muestra del aceite blanqueado para realizar análisis de laboratorio de lo siguiente: ¹⁷

Análisis requeridos para el aceite refinado:

- a) Acidez
- b) Humedad
- c) Impurezas
- d) Jabón
- e) Color

Análisis requeridos para el aceite blanqueado:

- a) Acidez
- b) Humedad
- c) Impurezas
- d) Jabón
- e) Color
- f) Peróxidos

Estos valores serán indicadores de la calidad con que se trabajo este proceso. ^{16 17}

6. PARÁMETROS DE CALIDAD EN EL PROCESO DE REFINACIÓN DE ACEITES COMESTIBLES

Se ha descrito en los temas anteriores las etapas de la Refinación explicando el proceso, la forma de operar y en algunas ocasiones las condiciones de operación y calidad del producto, en ésta sección se abarcará de forma directa y explícita los parámetros de calidad para el control del procesamiento de los aceites vegetales, así como las condiciones de operación con las que se deben de trabajar para el aseguramiento de un proceso optimizado. ¹⁷

Estas condiciones y parámetros pueden tener variaciones según el tipo de aceite y maquinaria con que se opera, la tecnología empleada en cada planta, así como las condiciones atmosféricas del lugar. Las normas de calidad que a continuación se mencionan son determinadas por el departamento de control de calidad de la industria de aceites basadas en normas oficiales de la AOCS ^{16 23. 25}

Desgomado

Condiciones de operación más relevantes: ¹⁷

- 2 % de agua en tanque mezclador
- temperatura de desgomado a 60 – 70 °C
- 10 – 15 minutos mezcla-tiempo de residencia

Normas de calidad: ¹⁶

- 200 a 300 ppm de fósforo máximo.
- Humedad máxima 0.5 %

Refinación cáustica o Neutralización

Condiciones de operación más relevantes: ¹⁷

- Proporcionar sosa cáustica de 12 a 14 grados Baumé
- 0.10 a 0.12 % de exceso en aceite desgomado y 0.12 a 0.15 % en aceite crudo.
- Temperatura de entrada del aceite y sosa cáustica *Temperatura ambiente.*
- Tiempo de retención en mezclado aceite-sosa de 15 min. en long mix y 1 min. en short mix.
- Temperatura de refinación a 70 °C en long mix, y 90 °C en short mix.
- Lavado con agua desmineralizada y a mayor temperatura que la de refinación.

Normas de calidad ¹⁶

- Acidez máxima de 0.05 %
- Color máximo de 12 rojo
- Humedad máxima de 0.5 %
- Jabón máximo de 5 ppm. en dos lavados.
- fósforo máximo de 5 ppm.

Blanqueo:

Condiciones de operación más relevantes: 17

- Dosificación de tierras de blanqueo en 0.8 %
- Temperatura de blanqueo entre 95 – 105 °C. a vacío

Normas de calidad: 16

- Valor de Peróxidos en cero.
- 3 ppm de jabón máximo.
- Color de 4.5 rojo máximo.
- Acidez máxima de 0.07 %

Desodorizado

Condiciones de operación más relevantes: 17

- Presión absoluta entre 3 a 7 mmHg.
- Temperatura de desodorización entre 250 a 270 °C.
- Vapor de arrastre entre 1 al 5 % en base peso de aceite

Normas de calidad: 16

- Valor de Peróxidos en cero.
- Acidez máxima de 0.05 %
- Color de 1.2 rojo máximo.
- Acidez máxima de 0.07 %
- Olor y sabor neutros

Hidrogenación

Condiciones de operación más relevantes: 17

- Temperatura de hidrogenación entre 180 y 220 °C
- Presión de operación de 0.8 a 1.2 Kg/cm²

Normas de calidad: 16

- Ácidos grasos libres 0.05 a 0.08.
- Fósforo cero.
- Jabón cero.
- Peróxidos 0 a 0.2 máximo.

7. DISCUSIONES

Una industria de procesamiento de aceite es muy amplia, a lo largo de este trabajo se describieron las operaciones del proceso para conocer la forma técnica con que trabajan este tipo de industrias y de esta manera comprender los cuidados y controles que se deben de tomar en cuenta para un procesamiento óptimo de acuerdo a experiencias prácticas adquiridas.

Se mencionó sobre los aspectos más relevantes que dentro de una industria aceitera deben de controlarse para mantener la economía de la planta en niveles redituables, estos aspectos aunque son generalizados no deben de descartarse otros factores como el mantenimiento, los movimientos de los productos, el abasto de refacciones y materias primas entre otros que involucren las operaciones eficientes de la planta tanto administrativamente como operacional, en donde la fuga de recursos debe vigilarse minuciosamente, es aquí donde las correcciones ya son cuestión de las direcciones.

En la parte de extracción, se describe el proceso en su parte operacional, de esta forma solo se pretende que se comprenda y entienda el funcionamiento de esta etapa para dar una idea del tipo de proceso al que se esta sometiendo, aunque claro se describen algunos detalles que se tienen que tomar en cuenta para la correcta operación del proceso que se han tomado de las prácticas a través de observaciones y comentarios por personal operativo a nivel planta

En la parte de la Refinación, se hace mas auge ya no solo a la descripción más detallada de las etapas, sino que se mencionan experiencias que se adquirieron para un correcto procesamiento a nivel planta con mayor énfasis. La etapa de Neutralización alcalina (así llamada por la unión americana) ó Refinación cáustica (así llamada por la comunidad Europea), es la parte la cual se concentra la atención principal en cuanto a perdidas se puedan obtener en todas las etapas de procesamiento por la mayor facilidad y riesgo con que pueden ocurrir estas. Los cálculos que se mencionan para efectuar los rendimientos han sido comparados en ocasiones con otros métodos como por medio de pesajes, los cuales han arrojado valores similares cuando todo se ha efectuado con cuidado y sin descuidar detalles.

El proceso de Blanqueo también ha sido descrito para verificar perdidas del proceso, tanto de insumos como de materia prima, en esta etapa es más sencillo determinar estos datos además de no tener tanto riesgo de perdidas como en la Refinación, pero no debe de descuidarse como otras etapas del proceso.

Como resultados finales tenemos el conocimiento de las diferentes etapas que se requieren para procesar un aceite comestible, por una parte desde la recepción del grano hasta la obtención del aceite crudo de dicha semilla y por otra lo que es la limpieza de este aceite crudo para ser apto para su comercialización y consumo humano que es la Refinación del Aceite y sus diferentes etapas.

La parte que se analiza para concentrarnos en las perdidas de aceite que se tienen por procesarlo es la Neutralización ó Refinación, la cual es la etapa crítica dentro de este aspecto.

El método que se describe para determinar este rendimiento es el utilizado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la industria aceitera en cuestión 17 y que se ha normalizado basándose en experiencias y comprobación de resultados, así como asesorados por diferentes organismos de investigación de grasas y aceites comestibles.

Cabe mencionar que determinar las pérdidas en este tipo de industrias no es tarea fácil de realizar, más aún si se requiere un grado de precisión fidedigno para tomar las acciones pertinentes.

La forma más sencilla y práctica de determinar estas pérdidas es a partir de pesaje del aceite antes y después de procesarlo como se había mencionado. Sin embargo esta operación no es posible durante las operaciones rutinarias de la planta debido a que se tendría que desviar el producto de su recorrido normal del proceso, ocupar tiempo y personal para estas maniobras, así como disponibilidad de pipas para pesar el producto

El objetivo de medir y cuantificar estas pérdidas de aceite durante su procesamiento, es monitorear y obtener la información necesaria para conocer la cantidad de merma que se esta teniendo en el proceso y compararla con los estándares permitidos y de esta manera tomar las decisiones o acciones pertinentes para evitar fuga de recursos de capital o también mejorar los métodos de trabajo que se están empleando, con la finalidad de reducir al mínimo los costos operacionales de la planta.

En cuanto a la calidad que se debe de obtener en cada proceso es un aspecto también de vital importancia debido a que la calidad con que se trabaje en cada etapa dependerá del producto final que se elabore, así mismo si se refina un aceite con parámetros de calidad fuera de lo establecido conllevará con problemas en las siguientes etapas como es en la de blanqueo con mayor consumo de insumos, causará problemas para obtener en esta etapa los estándares de calidad permitidos, así como reprocesos del producto para obtener un producto satisfactorio. 19

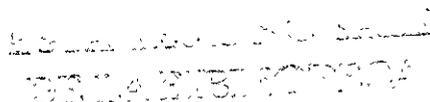
A continuación y a manera de listado se enumeraran los aspectos más relevantes que se adquirieron basándose en prácticas, experiencias y pruebas a nivel planta en los diferentes procesos de una industria aceitera, enfocándonos mas a fondo al tema principal que es la pérdida de aceite en la etapa de Refinación. 17

- En el almacenamiento de la semilla, durante su estancia en los silos o en los almacenes, es importante mantener la semilla con una humedad no mayor a 10 % y a una temperatura de no más de 40 °C, esto debido a que en los silos pueden empezar a realizarse focos de calentamiento y ser atacadas por microorganismos, además de aumentar la acidez en el aceite extraído y lo que conduce a pérdidas de aceite. Para esto es aconsejable monitorear las temperaturas del grano almacenado e *inmediatamente cuando se detecte una zona caliente en la semilla dentro del almacén a mas de 40 °C, se debe remover la semilla de ésta sección y si es posible airearla para que reduzca su temperatura, otra manera es pasarla inmediatamente a proceso*
- Durante la preparación de la semilla puede haber una operación de secado después de la limpieza, este se realiza para que la semilla contenga un promedio de 10 % de humedad durante las operaciones siguientes antes del cocido con el fin de facilitar éstas operaciones, este secado por medio de calentamiento también permite que durante el quebrado, en la semilla se retire la cáscara con mayor facilidad para el descascarado
- Con respecto a las dos formas de extracción de aceite de las oleaginosas, la extracción por solventes es la más eficiente al extraer un 95 % del total de aceite en la semilla, por lo que es el más utilizado en éste tipo de industria
- En la Extracción por solventes del aceite se presentan fugas y pérdidas de hexano durante el proceso, éstas son debidas principalmente a fugas en equipos (extractor,

válvulas, bombas, desolventizador-tostador, entre otros), además del hexano que queda impregnado en la pasta y un poco en el aceite, para esto se tiene considerado por la industria a lo largo de los años y asesorados por los proveedores un estándar máximo permitido de pérdida de hexano con respecto a la semilla procesada, el cual es de 2 litros de hexano por tonelada de semilla procesada el máximo permitido para considerar un buen rendimiento; cuando sobrepasa este valor algo está ocurriendo fuera de lo normal, por lo que se debe inspeccionar minuciosamente las fugas que puedan tener los equipos, así como los análisis de laboratorio de la pasta y el aceite, por lo que el inventario diario de este hidrocarburo debe ser preciso y confiable, esto independientemente de la seguridad que debe haber en la planta como el uso de equipos a prueba de explosión, así como la herramienta utilizada a prueba de chispas y todas las precauciones que el departamento de seguridad debe acatar.

- En la extracción del aceite se tiene que cuidar que el hexano que entre al extractor deba de estar a temperaturas por 10 °C por debajo de su punto de ebullición para mejores rendimientos, hay que considerar que una planta localizada en determinada región el punto de ebullición del hexano no es igual, así para una planta localizada al nivel del mar el punto de ebullición se encuentra en los 69 °C, por lo que se trabaja a 60 °C, pero no así para una localizada en el centro del país.
- En la etapa del hojueleado de la semilla, esta debe verificarse que la repartición de la carga de la semilla quebrada a través del rodillo sea homogénea, así como de todas las máquinas que se encuentran trabajando deben de operar con la misma carga de trabajo para no sobrecargar alguna o dejar con muy poca carga a otra. De igual forma se debe de medir cada dos horas el espesor de la hojuela para estar entre 12 y 16 milésimas de pulgada que es el espesor con mejores resultados para no producir demasiados finos y tampoco quede demasiado gruesa y dificulte la extracción. Se observaron en algunas ocasiones de trabajo que mezclar los collets del extruido con hojuelas en proporciones de 3 a 2 mejoraba la extracción debido al tipo de extractor con que se contaba, a los transportadores existentes y a las capacidades que se requieren obtener.
- Durante la obtención de la pasta extraída de la semilla, es necesario que se este monitoreando constantemente a la salida del equipo DC (secador-enfriador) la cantidad de hexano, con el fin de que no este arrastrando demasiado hexano, y mas aún, no permitir que llegue al almacén de pasta a niveles altos de hexano por volverse el producto explosivo.
- En la extracción el residual de aceite en la pasta a la salida del DT-DC debe de ser máximo del 1%, en caso de rebasar este límite, alguna operación no se esta realizando correctamente o la semilla de origen no tiene la calidad deseada para su procesamiento.
- En el almacenamiento de aceites crudos o refinados la regla básica de temperatura de almacenamiento es no sobrepasar los 60 °C, para evitar las oxidaciones e hidrólisis del mismo.
- Es aconsejable cuando se acaba de extraer el aceite del extractor y es enviado a los tanques de almacenamiento de aceite crudo, dejar este a la mayor temperatura posible y con la tapa del tanque abierta para que las trazas de hexano que aún tenga el aceite se puedan eliminar aun mas, además de que si en un momento dado se detecte por arriba de los límites permitidos, este debe de recircularse sobre el mismo tanque para que evapore estas trazas de hexano.

- En la operación de desgomado del aceite, esta operación en la práctica se realiza para tener una mejor calidad del aceite Refinado además de la obtención de lecitina, sin embargo en algunas ocasiones esta operación puede suprimirse y el aceite crudo entrar directamente al proceso de Neutralización, no obstante para el caso del aceite de soya que es el que tiene mayor contenido de gomas causa mayores problemas en la neutralización usando mayores insumos como sosa cáustica y forzando a utilizar lavado con agua en el aceite y en unas ocasiones a someterlo nuevamente al proceso, así como las pérdidas de aceite son mayores.
- En la Refinación cáustica debe de tenerse mucho cuidado con la capacidad de la centrifuga separadora, se detectaron durante pruebas que aunque la capacidad nominal de esta máquina era de 10,000 Kg/hr, al trabajarla arriba de 8500 kg/hr se obtenían mayores pérdidas de aceite, esto debido a que la separación centrífuga no se estaba realizando, la causa es que el tambor de dicha máquina se satura de producto y la separación centrífuga no se llevaba adecuadamente. Así mismo en otra línea de trabajo donde la capacidad nominal de la centrifuga es de 15 000 kg/hr se trabaja entre 10 500 y 11 500 kg/hr, lo que nos indica esto que la recomendación es no sobrecargar el equipo en cuestión. Esta práctica se da cuando se requieren producciones urgentes y no se ha programado adecuadamente la producción, se opta por aumentar la capacidad de la línea sin tener en cuenta algunas desventajas como la mencionada, el nivel de pérdida del aceite por realizar este tipo de operación fue de aproximadamente 2.5 veces mayor de lo permitido.
- Una experiencia que se tuvo durante pruebas realizadas en la Refinación es la temperatura del agua y el aceite que deben de manejarse durante el lavado, la temperatura del aceite cuando entre en contacto con el agua de lavado nunca debe de ser superior la temperatura del aceite, en este caso ocurre que esta mezcla emulsiona y no se logra la separación adecuada en la centrifuga lavadora, por lo que en los residuales de aguas de lavado llevará mayor aceite que se estará perdiendo, los niveles detectados cuando ocurrió esto fue de 0.7 % de aceite en el residual de aguas de lavado, mientras que cuando se manejan temperaturas adecuadas en el agua y el aceite como de 90 °C la del agua y 80 °C en el aceite, se obtienen residuales de aceite en el agua de 0.07 % aproximadamente o menores.
- Para la cantidad de la sosa cáustica en la Refinación es muy común que el personal operativo dosifique cantidades empíricas durante el proceso, es muy importante conocer la cantidad que se esta agregando con los medidores de flujo instalados y realizar los cálculos pertinentes para verificar que se esta dentro de lo necesario, así una cantidad pobre de lejía producirá un aceite con acidez alta y por el contrario un exceso traerá mayores pérdidas de aceite durante la centrifugación.
- Es importante que el ácido fosfórico que se adiciona antes de la Refinación en el tanque de día, sea con la cantidad correcta y este en agitación durante mínimo cuatro horas. Esto se agudiza cuando el aceite a refinar se trate de un aceite crudo sin desgomar, las cantidades que se agregan en el caso de un aceite de soya son de 0.12% para asegurar la hidratación de las gomas existentes y se puedan eliminar durante la centrifugación; en el caso de un aceite de soya desgomado la cantidad es de 0.08 %, recordando que la concentración del ácido fosfórico es del 85%



- La opción de agregar el silicato para retirar el jabón después de salir de la centrifuga refinadora es muy común para ya no utilizar agua en los lavados del aceite, sin embargo hay que tomar la decisión de los costos que generan cada una de las dos opciones y la calidad del aceite.
- Durante el Blanqueo debe de prestarse mucha atención al origen de aceite que se esta procesando en esta etapa, primeramente al tipo de aceite (soya, coco, maíz, etc.), esto debido al consumo de tierras absorbentes que se debe de emplear, para esto es importante realizar pruebas cuantitativas de la dosificación de estas tierras con respecto a la calidad de aceite que se obtiene al final del proceso con el fin de estandarizar los consumos. Por otra parte en caso de aceite de soya es importante conocer si el refinado fue realizado con aceite crudo o desgomado, debido a que se tendrá mayores consumos de tierras con soya que se refinó cruda y tener en cuenta este mayor porcentaje, de esta forma se cuantifico en la práctica que para un aceite de soya que se refino crudo se utiliza el 1.2 % de tierra de blanqueo, mientras que para una soya desgomada se utiliza 0.8 % con respecto al flujo de aceite.
- En el Blanqueo también es de suma importancia el filtrado del aceite con las tierras blanqueadoras, se debe verificar que las hojas filtrantes no se encuentren dañadas y puedan presentar fuga y con esto contaminar el aceite en la etapa final o el producto final; la limpieza de las hojas debe de realizarse con un equipo a presión de agua y en caso de contacto físico utilizar accesorios de plástico para no ser dañadas rompiendo éstas
- En la Hidrogenación un aspecto crítico es el control de la temperatura dentro del reactor al estar adicionando el hidrógeno, como se había mencionado que esta es exotérmica, la temperatura se elevará por efecto de la reacción, por lo que se tiene que controlar éste parámetro de tal manera que no rebase los 230 °C debido a que ya no se tendría la curva de sólidos deseada en la grasa a elaborar.
- En el desodorizado las condiciones de vacío y temperatura deben de verificarse continuamente, en el caso de mantener el vacío entre 3 y 10 mmHg es de suma importancia para que el producto se obtenga con buena calidad, en caso de que por alguna razón este aumente se tiene que tener cuidado en la acidez y color final, por lo que se tiene que estar preparado el personal operativo para recircular el producto sobre el mismo equipo para evitar producir un aceite fuera de especificación, esto ocurre en algunas ocasiones por fallas de corriente eléctrica, o alguna falla en el sistema de vacío de eyectores por temperaturas del agua muy altas
- La adición de antioxidante en el aceite desodorizado, debe de efectuarse a la salida del equipo desodorizador, la cantidad que se agrega debe ser calculada previamente a niveles de concentración entre 50 a 100 ppm, la bomba que dosifica el antioxidante debe de ser revisada periódicamente para garantizar que este operando correctamente y revisar que dosifique la cantidad correcta con respecto al flujo de aceite que sale del equipo.
- Con respecto a los subproductos de la Refinación, acidular el jabón para obtener los ácidos grasos acidulados es mas conveniente que venderlos como jabón, sin embargo existe el inconveniente de que las aguas de desecho de la acidulación originen un problema de contaminación a los drenajes si no se cuenta con el tratamiento de aguas

para retirar la acidez contenida en el agua, éste inconveniente puede generar a optar en no acidular el jabón.

- En cuanto a las pérdidas de aceite en la etapa de la Refinación, la forma de calcular este rendimiento se ha diversificado en varios métodos, no es sencillo calcular la pérdida de aceite en esta etapa con métodos indirectos, en la práctica estos cálculos pueden resultar muy diferentes debido a las diferentes condiciones de la materia prima y operación de la línea de proceso, paros y arranques. Las pruebas que se elaboren deben de ser monitoreadas con detalle para disminuir posibles errores que puedan generarse. El factor de refinación que se ha establecido como estándar de 1.5 ha estado universalizado para basarse en él de manera confiable. Así mismo todas las condiciones de operación al ser capturadas y verificadas para un análisis mas profundo del proceso, nos dirige a las causas-efectos que nos están provocando desviaciones en nuestro proceso óptimo.
- En el control de pérdidas del Blanqueo no deja de ser también un punto crítico durante la Refinación del aceite, la cantidad de aceite que es retenido en las tierras agotadas debe ser vigilado y controlado constantemente, una de las formas de asegurar que estas tierras no retengan demasiado aceite es mantener en buenas condiciones las hojas filtrantes, un "sopleteo" con aire a presión antes de descargar las tierras asegura que las tierras agotadas no contengan mucho aceite y la limpieza adecuada en cada descarga de los filtros, asegura la operación correcta en esta etapa.
- Los parámetros de calidad durante el proceso de Refinación, se han establecido por medio del control de calidad de la industria de aceites basados en las normas oficiales de AOCS y determinados por la información experimental a lo largo de esta rama de la industria, las condiciones que se han especificado son las más recomendables para partir de un estándar que dirige a una operación correcta para el procesamiento ¹⁶

Estas son las discusiones más relevantes que se adquirieron de una industria acetera enfocados a las pérdidas de materia prima e insumos en las diferentes etapas del proceso realizando mayor énfasis a la etapa de Refinación cáustica.

Es importante recordar que no sólo es importante verificar y corregir desviaciones en los procesos, sino que también es esencial factores como programación de la producción, abastecimiento de materia prima y materiales, un control de calidad de nivel adecuado, programas de mantenimiento y refacciones en stock, así como la administración de estos recursos; transporte a tiempo y limpieza adecuada en todas las áreas para que se obtenga como resultado el producto demandado satisfactorio por el cliente. ¹⁷

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se enumeran las conclusiones mas relevantes obtenidas en el presente trabajo:

1. La pérdida de hexano durante el proceso de extracción no debe de exceder de 2 litros por tonelada de semilla procesada.
2. La semilla almacenada no debe exceder los 40 °C de temperatura ni una humedad del 10%
3. Durante la preparación de la semilla, todos los equipos deben de trabajar con repartición de carga homogénea.
4. En el quebrado de semilla está debe ser fracturada entre 6 a 8 partes.
5. El hojueado o laminado de la semilla debe de ser con un espesor de entre 12 a 16 milésimas de pulgada.
6. El residual de aceite en la pasta no debe ser mayor al 1%
7. El nivel máximo de hexano en la pasta debe de ser 1000 ppm.
8. Una buena operación de desgomado tiene que obtenerse con un máximo de 0.3 % de gomas
9. El proceso de refinación "long mix" es más utilizado actualmente, en este proceso la sosa cáustica se incorpora a temperatura ambiente, el mezclado es de aproximadamente 15 minutos y posteriormente se calienta para ser centrifugado
10. La dosificación de sosa cáustica debe ser calculado de acuerdo a la acidez inicial del aceite crudo y de un exceso dependiendo de la cantidad de gomas, a esta relación de sosa y aceite se le conoce como "tratamiento", un rango común de esta dosificación es entre 1.0 y 3.0 % de tratamiento.
11. Un aceite refinado debe contener un máximo de 0.05 % de acidez
12. El consumo de agua para el lavado del aceite refinado debe de ser entre 10 y 15 % con respecto al flujo de aceite; y esta agua una vez que se va ha desechar no debe contener residual de aceite mayor a 1%.
13. La temperatura máxima recomendable para almacenamiento de aceites vegetales es de 60 °C.
14. La pérdida de refinación debe estar en un factor de refinación de 1 5
15. El consumo de tierras de blanqueo debe de ser entre 0.4 a 1 2 % con respecto al aceite a blanquear.

16. Un aceite con un óptimo proceso de blanqueo debe tener cero peróxidos a la salida.
17. El color del aceite en el proceso de Refinación disminuye el color en cada etapa respectivamente.
18. La cantidad de aceite en las tierras agotadas de blanqueo no debe sobrepasar el 25 %
19. La hidrogenación debe ser controlando la presión y temperatura, la presión se maneja entre 0.2 y 0.8 kg/cm² y la temperatura entre 180 y 220 °C.
20. Un aceite desodorizado no debe presentar olor ni sabor y el valor de peróxidos debe de ser cero
21. La adición de antioxidante a la salida del desodorizador debe ser entre 0.005 % y 0.007% de TBHQ (terbutil hidroxi-quinona), que es un antioxidante de uso común en aceites y grasas comestibles.
22. El jabón obtenido como subproducto de la refinación debe ser acidulado para mejores utilidades, de la misma manera las tierras agotadas de blanqueo deben ser destinadas en proporciones pequeñas a consumo animal
23. Las pérdidas de refinación y blanqueo deben ser efectuadas con pruebas mediante mediciones durante el proceso para evaluar los rendimientos y desviaciones de la operación para su debida corrección y disminución de mermas
24. Las normas de calidad son las recomendadas por el control de calidad de la industria basada en la información técnica adoptada a lo largo del funcionamiento de este tipo de industrias

Recomendaciones

Las recomendaciones que se pueden hacer con respecto a este trabajo para realizar posibles mejoras o estudios por realizar se enlistan a continuación.

- a) Uno de los estudios prácticos y de gran utilidad que se puede realizar es la elaboración de un programa de inventarios precisos para determinar la cantidad más exacta que ha entrado de materia prima, se tiene almacenado y ha salido en lapsos de tiempos determinados, una medida de tanques de almacenamiento confiable y una coordinación con las entradas y salidas. Determinando estas cantidades de forma periódica se puede obtener un rendimiento global del producto que se está procesando y monitorear si existen desviaciones en algún momento dado.
- b) Una de las mejoras que se puede realizar con este trabajo es la ampliación para determinar las pérdidas de refinación por otros métodos que se han publicado en artículos o documentos de organizaciones de investigación para establecer un comparativo entre las diferentes metodologías y realizar un análisis más completo de las

formas de obtener los rendimientos para determinar el método más recomendable para cada tipo de industria y las diferencias que puedan existir para conocer si son significativas y confiables. La comparación de diferentes métodos nos indicará las máximas desviaciones y rangos de errores al aplicar un estudio de rendimientos en una industria.

- c) Un estudio que puede realizarse es el que se menciona en la parte de la etapa de la Neutralización cáustica, en donde en vez de efectuarse lavados con agua se utiliza un aditamento especial de silicato para adsorber el jabón restante del aceite después de la centrifuga refinadora; las industrias procesan en ocasiones con este tipo de aditamento y se elimina el lavado con agua, pero no se ha determinado con precisión el comparativo de costos y calidad con ambas aplicaciones. Este estudio debe de realizarse tomando en consideración que debe procesarse un aceite con características similares o incluso del mismo lote y que los consumos de agua, insumos como energía eléctrica y depreciación de maquinaria deben incluirse, además de la pérdida de aceite en el agua de lavado y la disposición de esta agua. Así mismo considerar al usar este tipo de tierra la determinación de la cantidad correcta para no excederse de este insumo para el fin que se persigue.
- d) Otra ampliación que se puede aplicar al presente trabajo es la obtención de rendimientos y pérdidas de insumos en el proceso de extracción de aceite por solventes, el rendimiento de aceite, pasta y las pérdidas de hexano en este proceso deberán ser las *prioritarias para disminuir los costos de operación*.

9. Bibliografía

- 1 Albright. "quantitative measure of selectivity of hydrogenation of triglycendes" (JAOCS, marzo 1965).
- 2 Anderson George. Crow Iron Works Company. Mineapolis Minesota. Extracción por Solventes de la Soya. USA. 1990.
3. Asociación Americana de la Soya. Río Sena 26 col. Cuauhtémoc. 06500 México D F
4. Beauregard Larry. Producción de Aceite de soya de Alta Calidad. Soyanoicias. Oct-Dic. 1995
5. Beauregard Lawrence G. Hidrogenación selectiva y no-selectiva en la producción de mantecas. 1994. pp 1-11
6. Blake Hendrix Neutralization I. Theory and Practice of Conventional Caustic (NaOH) Refining 1980. pp 94-100
7. Boling Frank. Hunt Moore & Associates, Inc. Memphis, Tennessee 38118 Resquebrajamiento y Descascarillado de Frijoles de Soya con bajo Contenido de Fibra. Extracción mejorada.
8. Carr Roy A. Degumming and Refining Practices in the U.S. Hunt Wesson Foods, Inc, Fullerton, California, USA. 1980.
9. Delaney, K.A., C B. Ungermann, Effective Adsorptive Bleaching ii, technical Presentation 560, Harshaw-filtrol Partnership, 30100 Chagrin Blvd, Cleveland, Ohio 44124 USA. 1992
10. Dubinsky Eduardo. "La selectividad linoleica en la evaluación de aceites hidrogenados", IV cong. Latin. Sobre proc. De grasas y aceites, ASAGA / LAAOCS, Rosario, Argentina, 1992.
11. Dubinsky Eduardo. Productos Hidrogenados: Producción y Especificaciones. Aceites y Grasas. Junio 1995. pp 192-203
12. Erickson David R. Ph.D. Aspectos Críticos en la Refinación del Aceite de Soya ASA St. Louis, Missouri. 1994.
13. Erickson, D.R "Handbook Of Soy Oil Processing And Utilization" Et Al Monografía No 8 AOCS, Champaign, Il. 1980.
14. Harold A. Harper. *Manual de Química Fisiológica* 3ª. Ed. El manual Moderno. México 1991 pp 16-26
- 15 Mag T.K. El Blanqueo Teoría y Práctica. World Conference Proceedings Edible Fats and Oils Processing. AOCS, USA. 1992. pp 1-11

16. Manual del Departamento Corporativo de Control de Calidad del Grupo Industrial Xacur Mérida Yucatán México. 1997
17. Manual del Departamento Corporativo de Ingeniería Industrial del Grupo Industrial Xacur Mérida Yucatán. México. 1997
18. Manual de operación de centrífugas por Westfalia Separation. México. 1994.
19. Medina Luis Angel. Evaluación de la Calidad de Aceite de Soya Producido en México, Centroamérica y el Caribe. Universidad de Sonora Marzo de 1996.
20. Memoria de la Primera reunión nacional sobre la Industria de Aceites y Grasas. Centro de investigaciones científicas y tecnológicas de la universidad de Sonora. Hermosillo Sonora. 1992.
21. Molina Palacios Antonio "DE SMET MEXICO". Desodorización de aceites, Tecnologías. Marzo 1996
22. Norris, F.A. In Bayley's Industrial Oil And Fat Products, 4th Edn., Vol. 2, "Refining And Bleaching", P. 225, John Wiley And Sons, New York, USA.
23. Official methods and recommended practices of the AOCS 4th edition, 1990
24. "Proceedings Of World Conference on Soya processing and utilization" JAOCS Volumen 58. Marzo 1981, pp 155-247
25. Sociedad Americana de Químicos en aceites. Métodos Oficiales y Tentativos. Sección I Características físicas y químicas de Aceites, grasas y ceras.
26. Standard Methods For The Analysis Of Oils, Fats And Derivaties, 7, Revised Adn, Blackwell Scientific Publications. Oxford, U.K., 1987.
27. Thorpe William Veale. Bioquímica. Edit. Continental. México. 1970. pp 74-90
28. Timothy G. Kemper Product Manager, Oilseed Division. Fundamentos de la Extracción por Solventes. Piquia, Ohio. USA.
29. Wayne A. Austin. Prelimpiadoras Carter-Day International, Inc. Minapolis Minesota Nov 1988 pp 2-10