



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

**COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS DE DESODORIZACIÓN EN
UNA REFINERÍA FÍSICA “MULTISTOCK” RESPECTO A UNA
REFINERÍA FÍSICA “UNISTOCK”**

HOMERO AMED AVILA MÉRIDA

Asesorado por Ing. Ronald Adolfo Herrera Orozco

Guatemala, Febrero de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS DE DESODORIZACIÓN EN UNA
REFINERÍA FÍSICA “MULTISTOCK” RESPECTO A UNA REFINERÍA FÍSICA
“UNISTOCK”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
POR

HOMERO AMED AVILA MÉRIDA

Asesorado por Ing. Ronald Adolfo Herrera Orozco

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÌA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADORA	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo graduación titulado:

COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS DE DESODORIZACIÓN EN UNA REFINERÍA FÍSICA “MULTISTOCK” RESPECTO A UNA REFINERÍA FÍSICA “UNISTOCK”,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha

Homero Amed Avila Mérida

AGRADECIMIENTOS

A

Todas las personas que de manera especial colaboraron en la realización de este estudio, en particular a :

Ing. Ronal Adolfo Herrera Orozco

Ing. Rolando Alexander Gómez Girón

Personal de Refinerías Físicas Unistock y Multistock, Propietarios y personal de empresa Olmeca S.A.

DEDICATORIA

A DIOS

Por su gran amor y ser la luz en mi camino

A MIS PADRES

Adrián Adelio Avila Rodríguez y Angela Amparo Mérida Cardona de Avila, por su apoyo amor y confianza.

A MI ESPOSA

Esli Carina Cazali de Avila, por su apoyo, amor y comprensión.

A MIS HIJOS

Ahmed Josué, Karen Massiell y Esli Rebeca Amparito, por darle tanta felicidad a mi vida.

A MIS HERMANOS

Magda, Arnulfo, Nuvia, Adrián, Ariel y Arturo, con mucho cariño.

A MIS SUEGROS

Victor Manuel Cazali Contreras y Gabriela de Jesús Yes de Cazali, por su apoyo y cariño.

A MIS CUÑADOS

Cristian, Mayra, Claudia, Evelyn, Irene, Gilberto, Gabriela, July, Moris, Angelica y Eugenia, por su apoyo y cariño.

A MIS SOBRINOS

Dayra, Candy, Kevin, Arnulfo, Adriana, Viviana, Jeny, David, Arturo, Ceily, Luis Adrián. por su ternura.

A MIS AMIGOS

y compañeros de la Universidad de San Carlos por su compañerismo hermandad y amor sincero.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
HIPÓTESIS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. CONCEPTOS BÁSICOS	
1.1. Grasas y Aceites.....	1
1.2. Triglicéridos.....	1
1.3. Ácidos grasos.....	2
2. GENERALIDADES DEL ACEITE DE PALMA.....	5
2.1 Orígenes y usos.....	5
2.2 Composición de la palma.....	7
3. PROCESO DE REFINACIÓN PARA EL ACEITE DE PALMA.....	9
3.1 Pre-tratamiento del aceite de Palma	9
3.2 Refinación del Aceite de la Palma.....	11
4. BLANQUEO DEL ACEITE DE PALMA	17
4.1 Blanqueo.....	17
4.1.1 Área y mecanismos de blanqueo.....	18

4.1.2 Porcentaje en tierras de blanqueo	19
5. DESODORIZACIÓN DE ACEITES GRASAS.....	21
5.1 Qué es el desodorizado.....	21
5.2 Condiciones de operación en la desodorización.....	22
5.3 Equipo de desodorizado.....	26
5.4 Sistemas de desodorizado.....	28
6. PARTE EXPERIMENTAL.....	33
6.1 Objetivo.....	33
6.2 Material y equipo.....	34
6.2.1 Equipo y cristalería	34
6.2.2 Reactivos y soluciones.....	35
6.3 Método de trabajo.....	36
6.3.1 Método gráfico.....	37
6.4 Discusión de resultados.....	44
 CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	53
APÉNDICE.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de sistema de vacío de desodorizador con condensador Superficial	31
2	Equipo para análisis de acidez	34
3	Diagrama de bloques del Desodorizado	37
4	Curva de acidez para aceite de palma	40
5	Curva de acidez para base para margarina	41
6	Curva de acidez para manteca	42
7	Gráfica de producto y co-producto para refinería multistock (RBD)	43

TABLAS

I	Porcentaje de AGL en base a normalidad de NaOH	35
II	Condiciones de desodorización experimental	36
III	Porcentaje de ácidos grasos presentes en el aceite crudo de Palma y Oleina	36
IV	Porcentaje de ácidos grasos libres en el RBD	57
V	Porcentaje de ácidos grasos libres en la BHM	58
VI	Porcentaje de ácidos grasos libres en la Manteca	59
VII	Porcentaje de rendimiento de productos y co-productos	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción
AGL:	Ácidos grasos libres
AOCS:	Sociedad americana de químicos aceiteros
BMH:	Base para margarina hidrogenada
C:	Cadena carbonada
DOBI:	Índice de deterioro de capacidad de blanqueo
EPOP:	Epóxido de aceite de palma
GLC:	Cromatografía gas-líquido
HAP:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
mm Hg:	Milímetros de Mercurio
NaOH:	Solución de Hidróxido de Sodio estándar
ppm:	Partes por millón
RBD:	Aceite refinado, blanqueado y desodorizado de Palma.
S:	Desviación estándar

GLOSARIO

Bypass	Desvío del fluido, evitando pasar algún dispositivo a propósito como un intercambiador, rotámetro, etc.
Desodorización	Proceso mediante el cual se eliminan los ácidos grasos libres, alcoholes, aldehídos y cetonas al aceite, los cuales le proporcionan mal sabor y olor al mismo.
Dowtherm	Marca comercial de fluido térmico compuesto de difenol, que soporta altas temperaturas, utilizado en calderas para lograr mayores temperaturas de calentamiento.
Drenado	Método utilizado para eliminar y separar de tanques, alguna fase ajena al aceite.
Estabilidad	Resistencia relativa de un producto ante una descomposición o cambio indeseable, generalmente se refiere a la oxidación, hidrólisis, reversión de sabor y olor.
Mamparas	Plancha de metal que evita el arrastre de aceite por vapor.
Oleína	Es la fracción líquida del aceite de palma y muy estable a altas temperaturas.

Refinación	Proceso que tiene como objetivo, la eliminación de manera sustancial los ácidos grasos libres y otras impurezas densas como fosfátidos, sustancias proteináceas y mucilaginosas.
Refinador	Equipo utilizado para eliminar gomas al aceite mediante la adición de ácido cítrico al 0.01%.
Tierra de blanqueo	Tierra activada, tratada con ácido para incrementar La capacidad de absorción
Tocoferoles	Componentes antioxidantes presentes en la mayoría de aceites vegetales.
Triglicérido	Molécula éster química formada por la reacción de una unidad de glicerina con tres de ácido graso.
Volátil	Compuesto que pasa a la fase de vapor a una menor temperatura, a veces espontáneamente.

RESUMEN

Se efectúa una comparación en el proceso de desodorizado para tres diferentes productos como son: el aceite de palma, base para margarina y una manteca, a través de dos refinerías físicas diferentes, una “multistock” y una “unistock”, con capacidad de producción de 180 toneladas métricas en 24 horas; procesando para cada producto 5 batch de 100 toneladas métricas cada uno.

El experimento se efectuó simultáneamente, procesando una a una cinco cargas en las dos refinerías, se realizaron análisis de acidez para cada carga de 20 toneladas producidas, después de procesado cada lote se procedió a medir la cantidad de producto ya desodorizado; de la misma forma, se midió el producto desodorizado en 24 horas, todo el experimento se llevó a cabo utilizando las mismas variables de proceso como lo son: temperatura de 258 a 260 ° Centígrados, presión de 6 milibares todo en un tiempo de proceso de 24 horas,

Se determinó que los diferentes productos procesados mediante una refinería “multistock” se obtienen con un porcentaje de ácidos grasos libres, acidez, menor que los procesados en una refinería “unistock”, de la misma manera, el rendimiento de producto es mayor y el tiempo de proceso a las mismas condiciones es menor.

OBJETIVOS

General

Contribuir con la elaboración de una guía de análisis que permita optimizar y aprovechar ventajas que proporciona el desodorizado en una refinería física “Multistock” y la comparación entre dos tipos de equipos.

Específicos

1. Determinar el tiempo de residencia óptimo y el flujo adecuado para lograr una mejor desodorización.
2. Estandarizar un procedimiento para tener un aceite o grasa en condiciones adecuadas como: sabor, olor e idoneidad para freír.
3. Determinar condiciones y porcentaje de antioxidante en un aceite o grasa para tener una mejor resistencia a la oxidación.
4. Buscar un procedimiento adecuado de neutralización en un aceite o grasa para eliminar la mayor cantidad de fosfátidos en la misma.
5. Determinar rendimientos aproximados de productos y co-productos en el desodorizado.

HIPÓTESIS

- 6.1 Se puede lograr un mejor desodorizado de aceites y grasas con mayores rendimientos, menor porcentaje de ácidos grasos libres, en menor tiempo y más rápido desodorizado de aceites y grasas, a través de una refinería física “multistock” que en una refinería física “unistock”.
- 6.2 Es posible eliminar la contaminación de productos incompatibles al utilizar para su desodorización una refinería física “multistock”, en función del tiempo de vaciado y escurrido, lo cual no es posible en una refinería física “unistock”.
- 6.3 Es posible utilizar menores cantidades de agua de enfriamiento en los condensadores de ácidos grasos, con el uso del sistema de agua limpia “clean water”, de una refinería física “multistock” que con el sistema convencional de torres de enfriamiento de una refinería física “unistock”.

INTRODUCCION

Para transformar el aceite crudo de palma en un aceite apto para el consumo humano, es necesario llevar a cabo un proceso de refinación física, el que consiste en dos etapas; blanqueo y desodorizado.

El Blanqueo consiste en eliminar, a través del uso de tierras adsorbentes los pigmentos colorantes propios del aceite crudo, favoreciendo la adsorción con la temperatura del proceso y el uso de vapor agitador para aumentar el área de contacto entre la tierra adsorbente y el volumen del aceite. En la fase final del proceso de blanqueo, se extrae la tierra adsorbente del volumen de aceite en proceso con el uso de filtros, obteniéndose producto blanqueado libre de tierra. Una vez blanqueado el aceite, se procede a desodorizarlo, proceso que consiste en eliminar los ácidos grasos libres del volumen de aceite procesado, los cuales tienen la característica de proporcionar sabor y olor desagradable al aceite. La eliminación de los ácidos grasos libres se efectúa por el método de destilación por arrastre de vapor, en una columna desodorizadora que opera a una presión de 2 milibares, temperatura en rango de 240-260 ° C, mediante la inyección de vapor que tiene como función arrastrar los ácidos grasos libres de menor punto de ebullición, con el fin de reducir el contenido de ácidos grasos libres a niveles en rango de 0.05 a 0.1 %.

El efectuar la refinación física de un aceite crudo o manteca en una refinería física del tipo “multistock”, conlleva muchas ventajas, respecto a una refinería física del tipo “unistock”, entre las que se encuentran: menor tiempo de residencia del volumen de aceite en proceso, mayor volumen procesado por unidad de tiempo, escasa posibilidad de contaminación entre productos incompatibles en proceso, volumen de proceso versátil, sistema de agua limpia

clean water para mejor aprovechamiento de condensados. Todas las ventajas enumeradas, con anterioridad, dan como resultado un aceite de alta calidad, con características preferidas y reconocidas por los consumidores.

Este trabajo propone un profundo estudio de las ventajas de una refinería física “multistock” con respecto a una refinería física “unistock” para aprovechar y optimizar el proceso de refinación verificando rendimientos de productos y co-productos. El estudio comparativo se realizó procesando 5 batch de 100 toneladas métricas de tres productos, aceite crudo de palma, base para margarina y una manteca, a diferentes condiciones de operación.

El análisis de los resultados obtenidos en las diferentes condiciones de operación se realizó en el laboratorio, buscando alcanzar la mejor condición de desodorización, cumpliendo con los parámetros físicos y químicos propuestos por la “AOCS”, normas empleadas a nivel mundial y cuyo cumplimiento garantiza la obtención de un aceite de palma refinado físicamente, de agradables propiedades para los sentidos del consumidor y prolongada estabilidad ante la oxidación.

1. CONCEPTOS BASICOS

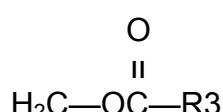
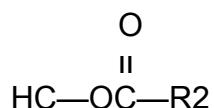
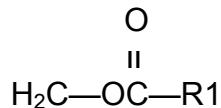
1.1. Grasas y Aceites

Los sistemas vegetales y los animales necesitan una forma para poder almacenar la energía de diversas formas químicas, de modo que el aporte de energía puede ser guardado para necesidades posteriores. En las semillas de plantas, la energía almacenada se emplea para promover el crecimiento del embrión después de la germinación. Para los animales que invernan durante los períodos de frío es necesario tener energía almacenada cuando las otras fuentes de alimento no se encuentran o son muy escasas, donde una de las más importantes clases de compuestos que se usan para almacenar energía son las grasas y los aceites llamadas de otra forma triglicéridos.

1.2. Triglicéridos

Las grasas y aceites son ésteres de ácidos carboxílicos de cadena larga con el 1, 2, 3 – hidroxipropano (glicerol) por lo que son llamados triglicéridos de forma estructural.

Moléculas de triglicérido



Donde los grupos R1, R2 y R3 son cadenas de hidrocarburos desde 3 hasta 21 carbonos que pueden ser iguales o diferentes, las cadenas pueden estar completamente saturadas o pueden contener uno o más grupos cis olefina. Los triglicéridos se encuentran como depósitos de grasa en animales y como aceites en las nueces o semillas. Aquellos que son líquidos a temperatura ambiente a menudo se llaman aceites y los sólidos se llaman grasas(12-869).

1.1. Ácidos grasos.

La hidrólisis de una grasa o un aceite nos da glicerol y los ácidos carboxílicos de las cadenas R1, R2 y R3.

Los ácidos con frecuencia son llamados ácidos grasos, los cuales contienen desde 12 hasta 22 carbonos, un interesante hecho es que casi todos los ácidos grasos contengan un número par de átomos de carbono incluyendo el carbono del ácido carboxílico. Los aceites que se obtienen, principalmente como producto de las plantas como; maíz, maní, soya, palma se forman fundamentalmente a partir de los ácidos grasos insaturados. Por otro lado las grasas animales contienen sobre todo ácidos grasos saturados, los cuales consisten en una cadena de átomos de carbono combinados con hidrógenos y que termina con un grupo carboxilo:



Cuando en una cadena hidro-carbonada , todos los enlaces disponibles del carbono están ocupados por hidrógeno, se dice que la cadena esta saturada (3-4).

El carácter de un ácido graso depende del largo de su cadena de carbonos, así como del lugar en donde por ausencia de átomos de hidrógeno , existan carbonos unidos por enlaces dobles (ácidos grasos insaturados) (11 - 1).

2. GENERALIDADES DEL ACEITE DE PALMA

2.1 Orígenes y Usos

Desde sus orígenes en África y por espacio de 5,000 años, la palma oleaginosa ha sido una importante fuente alimenticia para el género humano, este producto de grande significado comercial, científicamente llamada *Elaeis guineensis*, plantada en gran escala en Malasia surge como la fuente que más aceite produce en el mundo entero. Tiene una vida económica de 20 a 30 años y anualmente produce de 10 a 12 racimos de frutos con un peso cada de uno de 10 a 12 Kilogramos, cada racimo produce de 1000 a 3000 frutos.

En el sudeste asiático, la palma fue plantada en un jardín botánico en el año 1,848. En el año 1,911 las primeras palmeras fueron plantadas en Malasia, como plantas ornamentales y en 1,917 las primeras plantaciones comerciales. La industria de aceite de palma de Malasia registró una impresionante tasa de crecimiento.

En 1,960 el área plantada total en el mundo era de 54,700 hectáreas y en 1,995 aumentó a 2.52 millones de hectáreas.

Las exigencias climática para el cultivo de palma requieren un clima tropical con temperaturas que varíen entre 24 a 32 °C, bien distribuidos a lo largo de un año, la semilla es germinada y trasplantada a bolsas plásticas donde crecen de 12 a 15 meses antes de plantarlas en el campo. Las plantas comienzan a generar frutos de 30 a 32 meses después de plantada la cual

continuará produciendo económicamente de 20 a 30 años. Cada racimo de palma produce de 25 a 28 por ciento de aceite llegando así a producir 3,700 kilogramos por hectárea, el aceite de palma es extraído del mesocarpo carnoso (la parte externa). De la parte interna o núcleo se extrae el aceite de palmiste donde por cada 9 toneladas métricas de aceite de palma se obtiene una de palmiste (14 – 5).

El uso de varios procesos tecnológicos, incluido fraccionamiento, mezcla, interestificado, hidrogenado; permiten satisfacer las exigencias de los fabricantes de productos alimenticios para consumo final, tales como margarinas, bizcochos, grasas para helados, chocolates u otros. Las características físicas y químicas de los productos pueden diferir significativamente las cuales se detallan a continuación.

La oleína de palma puede servir también para frituras, soporta condiciones severas y altas temperaturas, un aceite líquido insaturado se torna inadecuado a menos que sea hidrogenado para aumentar su estabilidad a la oxidación. La oleína de palma tiene mayor estabilidad a la oxidación en virtud de su composición de ácidos grasos y antioxidantes naturales como la vitamina E.

El aceite de palma es un ingrediente ideal para fabricación de margarina, este proporciona un contenido de sólidos y textura sin necesidad de hidrogenarse.

A través de optimizar las condiciones de fraccionamiento se pueden producir varias grasas de aceite de palma con diferentes contenidos de sólidos y variados puntos de fusión, estas aplicaciones en la industria de confitería sustituyen parcial o totalmente una manteca de cacao, de la misma manera el

aceite de palma es actualmente un ingrediente común en la fabricación de helados, la grasa tradicional en los helados de leche es sustituida por aceite de palma en combinación con aceite de palmiste.

El aceite de palma tiene algunos usos no alimenticios, tales como la fabricación de jabones, que son productos de sales de sodio derivados de ácidos mediante saponificación química con soda cáustica. La estearina de palma y oleína o palmiste son excelentes materia primas para la fabricación de jabones. En un 70 a 80 por ciento los jabones blancos se producen con aceite de palma y en un 20 a 30 por ciento con ácidos grasos de palmiste.

El Aceite de palma como epoxido, aumenta la durabilidad del plástico o como estabilizador para reducir la tasa de degradación del plástico inducida por la luz, calor o microorganismos. El epoxido de aceite de palma (EPOP) también puede ser convertido en diversos productos como; espuma de poliuretano y resinas de poliacrilato.

2.2 Composición de la palma

El aceite de palma esta constituido en su totalidad por cuatro ácidos grasos así: ácido palmítico en un 45%, el cual contiene una cadena carbonada de 16 carbonos, ácido esteárico en un 4%, el cual contiene una cadena carbonada de 18 carbonos, ácido oleico en un 39%, el cual contiene una cadena carbonada de 18 carbonos y un doble enlace Carbono-Carbono, ácido linoleico en un 10%, el cual contiene una cadena carbonada de 18 carbonos y dos dobles enlaces Carbono-Carbono. La palma además contiene en su composición un aproximado de carotenos de 500-700 miligramos por litro (14 – 8).

3. PROCESO DE REFINACIÓN PARA EL ACEITE DE PALMA

3.1 Pre-tratamiento del Aceite de palma

La primera operación después de la cosecha implica esterilización y tratamiento térmico con vapor o cocimiento, lo que inactiva las enzimas lipolíticas que pueden ocasionar una rápida degradación del aceite y facilita el flujo del mesocarpo para extraer el aceite. La pulpa de los frutos de la palmera se extrae con un triturador o un mortero de madera o bien un digestor mecánico.

El descortezado o pelado: En esta etapa se separa la porción portadora de aceite de la materia prima y elimina las partes con poco o ningún valor nutritivo, se puede disponer de peladores mecánicos para separar las almendras. La mayoría de las semillas oleaginosas y nueces se someten a un tratamiento térmico de tostado para licuar el aceite presente en las células de la planta y facilitar su liberación durante su extracción. Todas las semillas oleaginosas y nueces se someten a este tratamiento, excepto los frutos de la Palmera, en los que la esterilización reemplaza este tratamiento. Para aumentar la superficie y optimizar el rendimiento en aceite, se reduce la parte portadora del aceite para lo cual se utilizan molinos mecánicos de fricción por discos.

Extracción: en este proceso, las semillas molidas se mezclan con agua caliente y se hierven para permitir que el aceite flote y sea recogido. Las semillas molidas se mezclan con agua caliente para hacer una pasta que se amasa a mano o a máquina hasta que el aceite se separa en forma de emulsión, en la extracción del aceite de maní se suele añadir sal para hacer que las proteínas coagulen y favorecer la separación del aceite, los grandes trituradores rotatorios en sistemas de mortero fijo pueden moverse mediante motores proporcionando fricción y presión a las semillas oleaginosas para liberar el aceite de la base del mortero, después de esto la materia prima precalentada se alimenta en un cilindro horizontal mediante un estrangulador ajustable, la presión interna que se crea en el cilindro produce la ruptura de las células que contienen el aceite y lo liberan para recogerlo en la parte baja de una cámara perforada.

Deshidratación: Las trazas de agua presente en el aceite crudo se eliminan por medio de un secador (tanque) a vacío.

Almacenamiento: Muchas de las fases de elaboración industrial tienen su origen en los procedimientos tradicionales. En las operaciones a gran escala, las semillas se secan hasta obtener una humedad inferior al 10%. El aceite se puede almacenar por períodos prolongados de tiempo en condiciones adecuadas de aireación, tomando precauciones contra las infestaciones de insectos y roedores. Este tipo de almacenamiento reduce la infección por mohos y la contaminación con micotoxinas, y minimiza el proceso de degradación biológica que conduce a la aparición de ácidos grasos libres y de color en el aceite.

Las frutas oleaginosas como las de palma, deben tratarse tan pronto como sea posible; esta se esteriliza como primer paso de la elaboración.

Proceso general:. Las almendras se muelen para reducir su tamaño y se cuecen con vapor, y el aceite se extrae mediante un torno o una presa hidráulica. La torta de la prensa se desprende en escamas para la posterior extracción de las grasas residuales con disolventes, como el hexano “de uso alimentario” .

Después de la esterilización, se extrae la pulpa (digestión) antes de someterla a presión mecánica a menudo en una prensa de torno. Las almendras de palma se extraen de la torta de prensado y se vuelven a elaborar para obtener el aceite.

3.2. Refinación del Aceite de Palma

Refinación es el proceso usado para remover componentes presentes en el aceite, frecuentemente impurezas que están presentes en el aceite o grasa cruda, generalmente en la mayoría de aceites vegetales crudos y grasa animal, existen significativas cantidades de materiales presentes como: ácidos grasos libres, glicéridos, fosfátidos, esteroles, tocoferoles, hidrocarburos, pigmentos, glucosas, fragmentos de proteínas, resinas y mucílagos.

Los dos principales sistemas de refinado son: el refinado químico alcalino y el refinado físico.

Refinado químico alcalino: el método clásico de refinado alcalino comprende normalmente las siguientes etapas: 1. Desgomado con agua, para eliminar los fosfolípidos fácilmente hidratables y los metales, 2. Adición de pequeños porcentajes de ácido fosfórico o cítrico para convertir los restantes fosfolípidos como sales de calcio o Magnesio en fosfolípidos hidratables, 3. Neutralización de los ácidos grasos libres con un ligero exceso de solución de hidróxido sódico, seguida por la eliminación por lavado de los jabones y de los fosfolípidos hidratados, 4. Blanqueo con tierras minerales naturales o activadas con ácido para adsorber los compuestos coloreados y para descomponer los hidroperóxidos, 5. Comprende la desodorización para eliminar los compuestos volátiles, principalmente aldehídos y cetonas, con bajos umbrales de detección por el gusto y el olfato. El proceso de neutralización alcalina tiene importantes inconvenientes, el rendimiento es relativamente bajo y se producen pérdidas de aceite debido a la emulsión y saponificación de los aceites neutros. También se genera una cantidad considerable de efluente líquido. Los jabones se disocian generalmente con ácido sulfúrico, recuperándose los ácidos grasos libres junto con sulfato sódico y vapor de agua ácida que contiene grasa.

Refinado Físico: En este proceso los ácidos grasos se eliminan mediante un procedimiento de destilación al vapor (por arrastre); este es similar a la desodorización. La baja volatilidad de los ácidos grasos (esta depende de la longitud de la cadena) requiere temperaturas más elevadas que las requeridas para la desodorización. En la práctica una temperatura máxima de 240-250 °C es suficiente para reducir el contenido de ácidos grasos libres a niveles de alrededor de 0.05-0.1 por ciento. Un requisito previo del refinado físico es que se eliminen los fosfátidos hasta un nivel inferior a los 5 mg de fósforo/Kg de aceite, en el proceso de refinado clásico este nivel se consigue fácilmente en la etapa de neutralización, pero se requiere un proceso especial de desgomado

para el refinado físico de las semillas oleaginosas con alto contenido de fosfátidos. Estos procedimientos se basan en una hidratación mejorada de los fosfolípidos, mediante el contacto íntimo entre el aceite y una solución acuosa de ácido cítrico, ácido fosfórico y/o hidróxido de sodio.

Es improbable que las condiciones de reacción suave empleadas durante el desgomado y la neutralización induzcan cambios significativos indeseables en la composición del aceite. Por el contrario, algunas impurezas, incluidos compuestos oxidados, trazas de metales y materiales coloreados se eliminan parcialmente por arrastre con los fosfolípidos y con el depósito de jabón. Estas impurezas se reducen posteriormente durante el blanqueo. La neutralización también contribuye considerablemente a eliminar contaminantes, tales como aflatoxinas y los organofosforados, las plagicidas deben eliminarse durante la etapa de desodorización y mediante un tratamiento con carbón activo. Suelen producirse pérdidas de tocoferoles y esteroles durante la etapa de neutralización alcalina, pero sin embargo en condiciones bien controladas (minimizando el contacto con el aire) esta pérdida no supera el 5-10 por ciento. posibles reacciones secundarias durante el procesamiento a alta temperatura.

Isomerización cis-trans: Uno de los parámetros más sensibles que se utilizan para detectar los cambios químicos resultantes de unas condiciones de elaboración severa es la isomerización cis-trans, especialmente en el ácido linoleico. El estudio más completo realizado sobre este tema ha sido el de Eder (1982), que investigó con varios aceites la formación de isómeros geométricos a escala de laboratorio, planta piloto, y de producción.

A escala de laboratorio, con aceites de soya sin blanquear a 240 °C., la formación de isómeros C18:3, determinada por GLC era no significativo abajo del 1 por ciento, frente al 3 por ciento a 260 °C. El contenido total de isómeros trans determinado por espectroscopías de infrarrojos en diversos aceites desodorizados en equipos de acero inoxidable a escala de planta experimental, los datos muestran un fuerte efecto de la temperatura, especialmente entre 240-270 °C y confirman la tendencia general. Esto es, incluso en aceites altamente insaturados que contengas ácido linoleico, la formación de isómeros en trans es lenta en la condiciones recomendadas para la desodorización/refinación químico industrial. En conclusión, en la gama de temperaturas de 240-250 °C, la cantidad de ácidos grasos en trans que se forman a partir de los aceites insaturados es de alrededor de 1 por ciento o menos por hora.

No se ha descrito la formación de isómeros de posición (esto es, dobles enlaces desplazados a lo largo de la cadena de ácidos grasos) del ácido linoleico y linolénico en condiciones de desodorización/refinado físico.

Pérdidas físicas: durante la desodorización o el refinado físico se eliminan los compuestos volátiles del aceite mediante la combinación de altas temperaturas, bajas presiones y arrastre con vapor.

El grado de eliminación depende de las propiedades físicas de los componentes (especialmente tensión de vapor) y de la temperatura y volumen de vapor que se hace parar a través del aceite.

Algunas pérdidas físicas son muy convenientes, tales como la eliminación de los malos olores, plaguicidas y compuestos aromáticos policíclicos, si existieran. Otra pérdida de compuestos con valor nutritivo, como tocoferoles y esteroles, son potencialmente indeseable.

Los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) han constituido motivos de preocupación desde que se detectaron en algún tipo de grasa y aceite (15-10).

4. BLANQUEO DEL ACEITE DE PALMA.

4.1 Blanqueo

El Proceso de blanqueo para aceites y grasas es el inicio de la refinación física en donde el aceite entra en contacto con tierras ácidas activadas del tipo bentonitas o montmorillonitas, siendo este un proceso de adsorción que remueve color y algunas otras impurezas menores como trazas de metales, aldehídos, compuestos sulfúricos; mientras la reducción de color es el efecto más obvio, la remoción de impurezas menores es de mayor importancia. La adsorción en el blanqueo puede remover jabones residuales en el aceite en un rango de 20 a 70 partes por millón (ppm), además obtener valores de peróxido de 139. La remoción de color en el blanqueo de aceite de palma elimina pigmentos producidos por carotenos y es necesaria para proveer acabados aceptables al producto, aunque los procesos subsiguientes como la hidrogenación y desodorización también pueden reducir el color.

El blanqueo de un aceite consiste en la reducción de color o pigmentación lo cual se logra cuando el aceite se pone en contacto con tierra activada la cual tiene un contenido mínimo de humedad de 10 por ciento; el contacto inicial de la tierra y el aceite se realiza a temperaturas mucho menores que el punto de ebullición del agua y después del mezclado la temperatura debe elevarse por arriba del punto de ebullición del agua a presión reducida o negativa para poder eliminar la humedad presente.

A continuación se procede a eliminar las tierras del aceite por medio de filtración .

4.1.1 Área y Mecanismo de Blanqueo.

El mineral conocido como montmorillonita, es la materia prima principal de las arcillas decolorantes. Este es un hidrosilicato de aluminio en el cual la relación (sílice/alúmina) es de 4:1. Un cristal de montmorillonita consiste de 15 láminas, donde cada lámina esta formada de dos laminillas exteriores de sílice , compuestas de SiO_4 tetrahédrica y una laminilla central de iones de aluminio. Cada catión de aluminio está rodeado en forma octahédrica por aniones oxidados de las moléculas de sílice .

Por la introducción de iones trivalentes de aluminio y hierro dentro de las laminillas de sílice o iones divalentes de magnesio y hierro, dentro de la laminilla central, la laminilla queda cargada negativamente, lo cual es compensado por la presencia de cationes en el espacio interlaminar. Estos cationes pueden ser reemplazados fácilmente por otros de mayor afinidad. (13 - 5).

No sería posible usar una bentonita cruda en su presentación natural, ya que contiene más del 40% de humedad y no posee función clarificante. Para ello se requiere someter al mineral a un cuidadoso tratamiento químico con ácido mineral.

Arcillas naturales pueden tener una actividad propia y no requieren activación. Para activar la bentonita, esta es atacada por ácido intercambiando su carga de iones de calcio por iones de H^+ , entonces se forma una H-bentonita. Durante el subsecuente paso de activación, el ácido mineral se abre camino entre las laminillas y disuelve iones de aluminio, hierro, calcio y magnesio de la estructura, penetrando cada vez más en el cristal. Con ello aumenta la superficie interior de las laminillas y se forman centros ácidos activos. (13 - 6).

4.1.2 Porcentaje de tierras de blanqueo

El porcentaje de tierra utilizado en el blanqueo de aceites y grasas, es un dato variable que va en un rango de 0.5% a un máximo de 3%, el cual depende única y exclusivamente del tipo de producto y de los parámetros de calidad requeridos.

La efectividad del blanqueo esta determinado por el DOBI o índice de deterioro de la capacidad de blanqueo, el cual se basa en la relación de carotenos respecto al resto de carotenos oxidados. Las moléculas de caroteno absorben luz a 446 nm, mientras que sus productos oxidados absorben luz a 270 nm. Una absorbancia alta a 446 nm indica que existen mayores carotenos que sus productos oxidados.

Los carotenos en presencia de ácidos grasos proporcionan una coloración café en el aceite crudo de palma. La pigmentación de color rojo al aceite la proporcionan el resto de carotenos no oxidados, por consiguiente es más fácil de blanquear un aceite de color rojo vino que un aceite oscuro amarillento.

5. DESODORIZADO DE ACEITE DE PALMA

5.1 Que es el desodorizado

La desodorización es un proceso de separación de corrientes, donde la corriente de buena calidad, generada a partir de agua de entrada desairada y tratada adecuadamente, es inyectada al aceite con una presión absoluta y con temperatura suficientemente alta para vaporizar los AGL, así como los compuestos odoríferos. El papel de la desodorización en el procesamiento y la refinación de aceites y grasas comestibles ha sido aceptado desde hace mucho tiempo como el último paso en la preparación de aceite para usarse como un ingrediente en la margarina, manteca, aceite para cocinar, mantequillas duras para la industria de confitería así como muchos otros productos de la industria alimentaria. El aceite desodorizado terminado puede clasificarse como “aceptable” dentro de una amplia gama de especificaciones que dependen del gusto de la gente, así como el mercado de un país o región en particular donde se consumirán estos productos. En algunos lugares prefieren que el aceite tenga un sabor y olor más fuerte; en tanto que otros optan por un color más típico. Con publicidad razonable pueden modificarse las preferencias de la persona; sin embargo la mayor parte del mundo quiere que el aceite o grasa tenga un sabor fundamentalmente suave, incoloro y de ser posible casi tan claro como el agua, insaboro y con un contenido de ácidos grasos libres (AGL) menores a 0.03%. Además, este aceite podría tener una clasificación de sabor de 7.5 o más cuando es sometido a las pruebas de sabor

del panel aprobado por la AOCS. integrado por 10 catadores del sabor y olor del aceite, importante mencionar que hoy en día no existen métodos científicos para probar el aceite organolépticamente; por lo tanto, esta evaluación de gran importancia continua siendo una prueba subjetiva. La desodorización por ser el último proceso de la refinación, no puede corregir un aceite cáustico que no ha estado bien refinado, un aceite blanqueado con un alto índice de peróxido o con tierra de blanqueo residual, o con aceite hidrogenado que contenga níquel coloidal residual, para obtener un producto de calidad se debe poner atención a la calidad en todas las etapas de su procesamiento (1 – 39).

5.2 Condiciones de Operación de la Desodorización

Presión absoluta: años de experiencia han demostrado que la presión no tiene un efecto medible sobre la calidad cuando el desodorizador opera a presiones absolutas dentro del rango de 1 a 6 mm Hg. Se ha demostrado que una operación constante arriba de 6 mm Hg, y a un rango entre 7-9 mm Hg, ocasionará problemas de calidad de mal sabor y olor.

A temperatura normal de desodorización (250-260°C), la presión del vapor de los ingredientes volátiles (aldehídos, cetonas, alcoholes, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos) son suficientes para no verse afectados por una presión debajo de 6 mm Hg.

La mayoría de las refinerías han elegido operar desodorizadores a 3 mm Hg y los problemas mas comunes son las variaciones de vapor y el equipo de vacío, el cual es muy sensible cuando está por debajo de las especificaciones de fabricación a 3 mm Hg no son tan graves con aquellas que exceden a 6

mm Hg. Así mismo el costo de capital y de operación de un sistema de 3 mm Hg es mucho más que el de un eyector de 6 mm Hg.

Temperatura: La temperatura de desodorización normalmente es la condición de operación que en verdad puede clasificarse como variable. Afecta directamente a la presión de vapor de los componentes volátiles que se desean remover; por lo tanto, al aumentar o disminuir la temperatura produce un índice relativamente más alto o más bajo de eliminación de los componentes odoríferos. Además de establecer la presión de vapor deseable, la temperatura es el factor fundamental en la descomposición térmica de los pigmentos carotenoides, lo que resulta en lo que comúnmente se conoce como “blanqueo térmico” del aceite o grasa.

A pesar de que la temperatura es la principal variable del proceso, no hay que olvidar su relación con el tiempo de “residencia” o desodorización, la temperatura ideal para un buen proceso de desodorizado debe estar entre 255 a 265 °C con lo cual se logran resultados así:

- Se eliminan más rápidamente el olor y los compuestos odoríferos.
- Se produce un aceite o grasa de color más claro debido a una mayor descomposición de los pigmentos carotenoides.
- La remoción de más esteroles y tocoferoles operación a 260°C, eliminará estos compuestos en un 40 a 50 %.
- Permite que se aumente la capacidad de producción de desodorización pues el tiempo de retención es menor.
- Aumenta la perdida de aceite neutro debido a una mayor separación de la grasa y generación de los ácidos grasos.

- Aumenta el consumo de energía (inútil si la temperatura es mayor a la necesaria para lograr una calidad aceptable del producto).

Tiempo de desodorización “Residencia”

El tiempo de retención en la desodorización se define como un lapso durante el cual el material de entrada se encuentra expuesto a temperatura de desodorización y separación mediante vapor de succión. Normalmente esto no incluye el tiempo de calentamiento y enfriamiento del aceite. El tiempo de retención puede variar según el equipo y refleja en al eficiencia o no de los mismos. La eficiencia de la separación se refiere a la capacidad del mecanismo de mezclar perfectamente el vapor y el aceite o grasa. El equipo comercial necesita un tiempo de retención que oscila entre 15-60 minutos, estos periodos son para desodorizar materiales de entrada que han sido refinados químicamente (soda cáustica) y que contiene AGL menor a 1%.

Si los materiales de entrada contienen niveles de AGL entre 1.5 a 3% o mas, para ser refinados físicamente en el desodorizador, los tiempos de retención van a aumentar hasta el doble, en comparación con la refinación de “stocks”. Para comprender mejor la relación entre el equipo del vapor de separación y el tiempo de retención, es necesario conocer las siguientes condiciones;

Vapor de Separación:

El vapor de separación es la principal fuerza motriz del proceso de desodorización, pues es el medio portador para mover los AGL, cetonas,

aldehídos vaporizados, así como otros volátiles del material que entra al inyector de vacío y el sistema de recuperación del destilado, además de la cantidad de producto, hay dos características adicionales del vapor de separación que son: pureza y calidad.

La pureza se relaciona con el uso del agua para generar vapor, el cual en muchos casos debería tratarse y desairarse de conformidad con las buenas prácticas del generador / caldera de vapor. Cualquier aire disuelto en el vapor degradará negativamente la calidad del aceite o grasa a temperaturas de desodorización elevadas.

La calidad se relaciona con las normas de la industria de las calderas de vapor seco (es decir, libre de agua o condensado no vaporizado). El vapor de separación que entra al desodorizador debe estar seco con una calidad del 98%. El vapor húmedo puede ser causa fundamental de una desodorización por arriba de lo normal (pérdidas de aceite neutro del producto) debido a un incremento de volumen de agua a comparación con el vapor que se expande a una presión absoluta reducida.

Calidad del Material de Entrada.

A fin de garantizar que el producto desodorizado sea de la más alta calidad, es imprescindible que también el material de entrada sea de la mejor calidad.

Todo los pasos previos de manejo y procedimiento desde la cosecha hasta que la materia de entrada llega al desodorizador, deba ejecutarse en forma adecuada. Un mal manejo o un acortamiento en cualquier etapa del

proceso puede resultar en problemas de calidad y daños permanentes en los productos almacenados.

Un aceite de buena calidad es aquel que esta libre de jabones, arcilla de blanqueo, o catalizador residual (si fue hidrogenado); porcentaje de AGL menor de 0.1%, fósforo menor a 1 ppm; y hierro de menor a 0.1 ppm.

Pérdidas en la desodorización.

La pérdida durante la desodorización puede clasificarse en dos categorías: química y mecánica. La pérdida química consiste en remover los componentes indeseables: AGL, aldehídos, cetonas, peróxido, polímeros y otros volátiles. Las pérdidas mecánicas son aquellas asociadas con el acarreo en el vapor de separación (arrastre). En virtud de que ningún separador es 100% eficiente, mientras más bajo sea el índice del vapor de separación, menor será la pérdida, ya que cada cantidad de vapor arrastrará una cantidad mínima de aceite neutro en rango de 0.15 a 0.25%.

5.3 Equipo de desodorizado

Componentes del equipo de desodorización.

Materiales: el material utilizado es el acero inoxidable tipo 304 el cual ha demostrado ser satisfactorio para aceite refinado con soda cáustica; sin embargo en caso de anticipar una refinación física , entonces se recomienda el acero inoxidable tipo 316 debido a que tiene una mayor resistencia a los ácidos. A temperaturas por debajo de 120°C , toda la tubería y equipo auxiliar puede ser de acero al carbón.

Hay que recordar que el cobre o sus aleaciones no deben estar en contacto con aceites comestibles.

Medios de calentamiento a alta Temperatura

Durante casi 50 años , la desodorización a requerido de un medio de calentamiento a alta temperatura por arriba de los 270°C, dado que las calderas de vapor estándar no pueden dar esta temperatura con el vapor saturado; ha sido necesario utilizar DowTherm "A" o de aceite mineral, sistemas de vapor Dowtherm "A" son capaces de dar hasta 315°C a una presión de alrededor de 3.2 bar, y en caso de una fuga de la bobina hacia el producto, el Dowtherm se separará del aceite.

Equipos de vacío del Desodorizador.

Los sistemas de vacío con eyectores de chorro de vapor son utilizados para mantener la presión absoluta en la desodorización. Para operación a 3 mm Hg, el sistema general costa de cuatro eyectores de vapor y dos condensadores, el sistema eyector separa los materiales con altos pesos moleculares tales como ácidos grasos. El material graso se condensa en el agua, la cual circula a través de la torre de enfriamiento o es descargado al sistema de alcantarillado o corriente de río.

Para poder mantener limpia las superficies del condensado, se inyecta soda cáustica a la corriente del agua grasosa. Estos sistemas son mucho mas costosos, porque el condensador debe estar fabricado de acero inoxidable, ya que estará manejando los AGL más concentrados (no diluidos por el agua del condensador). Estos costos pueden ser aceptables a fin de cumplir con los requerimientos de los inspectores ambientales y, en casos extremos, evitar en paro de la refinería.

Recuperación del Destilado del Desodorizador.

Normalmente la mayoría de los desodorizadores incluyen el sistema de recuperación del destilado. El vapor del desodorizador pasa por un rocío de recirculación del destilado enfriando, en un recipiente al vacío o una torre empacada.

El material graso es condensado, en tanto que el vapor de agua (vapor de separación) para al sistema del eyector. Cuando se maneja aceite de soya, la eficiencia de estos sistemas debería oscilar entre 85 a 95%, siendo el tipo de columna empacada la más eficiente.

5.4 Sistemas de desodorizado

Existen más de 12 fabricantes de equipos de desodorización en todo el mundo y no ha habido intento alguno por analizarlos.

Desodorización en “batch”

La desodorización en “batch” es el método original utilizado en los aceites y grasas comestibles y algunos refinadores continúan utilizándolos en pequeñas cantidades de lotes de aceites y grasas de especialidad. Por tradición, los sistemas constan de un recipiente de vacío que contiene bobinas de calentamiento y enfriamiento en su interior, así como un dispositivo de inyección de vapor, fuente de medios de calentamiento a alta temperatura y filtración de pulido. Estos sistemas pueden también adaptarse para la recuperación de calor.

Las desventajas de estos sistemas es un alto vapor de separación , así como un alto consumo de vapor eyector; dificultad en lograr una constante buena calidad , debido a un reflujo de los componentes separados recomendados en la cabeza del desodorizador; y un largo ciclo o rotaciones, casi siempre de 5 a 10 horas.

Desodorización Continua

El sistema continuo generalmente permite hacer una inversión de capital más baja y tener una máxima eficiencia de energía, en consecuencia menores costos de operación.

El flujo continuo permite gradientes de temperatura uniformes durante el calentamiento y enfriamiento, lo cual permite equipo auxiliar de menor tamaño, principalmente por lo que se refiere al sistema de calentamiento a alta temperatura. De igual forma permite tener el máximo potencial de conservación de energía y muchos sistemas alcanzan hasta un 80% de recuperación de calor. Aunque por definición, un sistema continuo debe correr continuamente; por lo que se adecua principalmente el refinador que procesa una variedad mínima de material de entradas si el plan de producción exige hasta 3 o 4 cambios de productos al día, luego el uso de un sistema continuo es altamente cuestionable. Los problemas a enfrentar será la pérdida de producción, ya que se necesita desperdiciar de 20 a 60 minutos o más para evitar juntar (mezclar) productos y que no haya preocupación de que al cliente le llegue producto equivocado (15 – 8).

El drenado y soplado completo de los intercambiadores de calor, tuberías, válvulas de control, bombas y demás componentes lleva mucho tiempo y es fundamental para minimizar efectivamente la contaminación del

“stock”. Especialmente en desodorizadores con chimeneas verticales con intercambio de calor interno, el aprovechamiento de la gravedad mejora en gran medida la operación, por lo que no se debe olvidar que el objetivo de un desodorizador continuo es el de operar continuamente.

Desodorización Semi-Continua

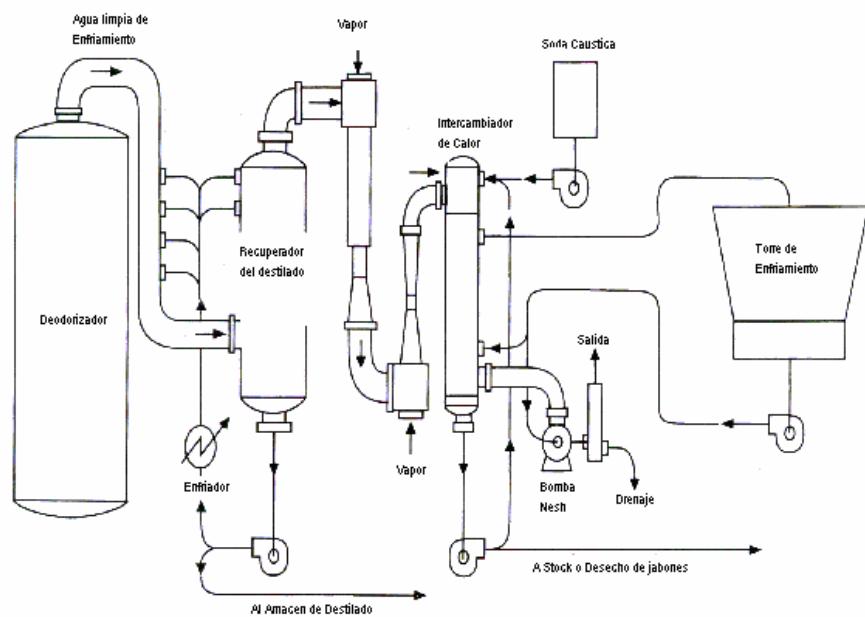
La desodorización semi-continua fue desarrollada originalmente en 1956 por A. F. Bailey, empleado de Girdler Corp. Conocida posteriormente en el mundo como Chemetron-Votator.

El concepto de procesar grasas y aceites sucesivamente por lotes individuales fue para garantizar una máxima calidad del producto. Cada cantidad de producto estaría sujeta a condiciones idénticas de procesamiento de tiempo, temperatura, presión y vapor de separación sin oportunidad de que haya un “bypass” corto circuito o dilución como sucedería con un sistema continuo. Conforme la mercadotecnia de los refinadores se ha vuelto más difícil, especialmente con la variedad de productos hidrogenados y aceites múltiples, la principal ventaja inmediatamente fue su capacidad de manejar muchas variedades de materia prima con una pérdida de producción de casi cero y contaminación mínima durante el cambio de “stock”. Esto último puede lograrse mediante una programación cuidadosa.

Los desodorizadores semi-continuos manejan satisfactoriamente 15 o más cambios de stock para cada 24 horas lo cual necesita un equipo de calentamiento a una mayor temperatura, debido a las cargas pico ocasionadas con el calentamiento de “batch”.

Cabe destacar que aún con las desventajas que tiene un sistema semi-continuo de costos de capital y consumo de energía, debería ser el desodorizador por excelencia para el refinador que procesa una variedad de material de entrada.

Figura 1. Sistema de vacío de Deodorizador



6. PARTE EXPERIMENTAL

El ensayo experimental se llevó a cabo en la planta aceitera de Olmeca S. A. utilizando dos unidades de refinación física, una refinería física “unistock”, la cual tiene la particularidad que solo consta de un plato de retención de producto, por lo que solamente se puede procesar un solo producto a la vez, logrando con ello cero contaminación. De la misma manera se realizó el experimento en una refinería física “multistock” donde a diferencia de la “unistock”, esta consta de siete platos separadores de producto que funcionan también como retenedores, lo cual permite procesar simultáneamente tres productos diferentes sin tener ninguna contaminación.

Todo esto se logra dejando entre productos un plato vacío lo cual permite hacer un buen soplado de remanentes de producto. La parte analítica se realizó en el laboratorio del departamento de Aseguramiento de Calidad de la misma empresa.

6. 1. Objetivo

El presente estudio trata sobre la comparación enfocada en resultados de calidad, acidez, rendimientos de productos, co-productos y tiempo de proceso, para tres productos diferentes, de cinco lotes cada uno.

El análisis se le realizó a los cinco lotes del mismo producto, y también a los tres productos diferentes. Para la obtención de resultados el experimento se realizó simultáneamente en las dos refinerías físicas “multistock” y “unistock” con el mismo producto, utilizando las mismas condiciones de operación.

Todos los resultados (porcentaje de ácidos grasos libres, rendimientos) se mostrarán en forma gráfica y analítica, los tiempos de proceso serán representados numéricamente.

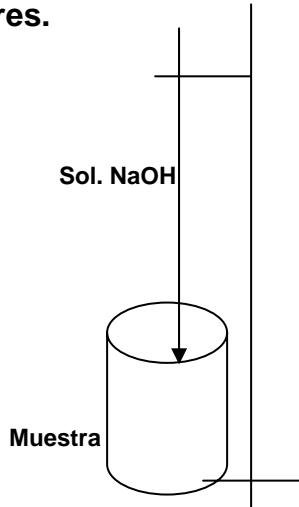
6.2. Material y equipo para el análisis

6.2.1 Equipo y cristalería

- Erlenmayer
- Botella para muestra de 115 a 230 ml
- Bureta
- Soporte para bureta
- Pinsas para bureta
- Agitador electromagnético
- Impresora Lexmark y computadora IBM pentium

Figura 2. Aparato para la determinación del porcentaje de ácidos

Grasos libres.



6.2.2. Reactivos y soluciones

- Alcohol etílico al 95%
- Solución de Fenolftaleína al 1%
- Solución de Hidróxido de sodio estandarizada (ver tabla No. 5)

Para determinar la normalidad apropiada de la solución de hidróxido de sodio dependiendo del rango de la concentración de ácidos grasos libres esperado en la muestra, se usa la siguiente tabla.

Tabla I. Porcentaje de AGL en base a normalidad de NaOH

Rango AGL (%)	Muestra (g)	Alcohol (ml)	Conc. Alcalina (N)
0.00 a 0.2	56.4 + 0.2	50	0.1
0.2 a 1.0	28.2 + 0.2	50	0.1
1.0 a 30.0	7.05 + 0.05	75	0.25
30.0 a 50.0	7.05 + 0.05	100	0.25 a 1.0
50.0 a 100	3.525 + 0.001	100	1.0

* Rango de ácidos grasos libres, volumen de alcohol y concentración alcalina

6.3 Método de trabajo

El análisis de ácidos grasos libres, se realizó bajo las siguientes condiciones de operación.

Tabla II. Condiciones de desodorización experimental.

Temperatura de entrada del aceite	50 a 60 ° C
Temperatura en el blanqueo	90 a 100 °C
Temperatura en el desodorizado	255 a 260 °C
Temperatura de salida del producto	55 °C
Presión de vacío en el blanqueo	40 a 50 mm Hg
Presión de vacío en desodorizado	3 a 6 mm Hg
% de ácidos grasos de entrada de aceite	3.5
% de acidez de salida del producto	0.025 a 0.045
Tiempo total de desodorización	8 horas

La disminución del porcentaje de ácidos grasos libres en un aceite, requiere un tiempo aproximado de 8 horas; desde la entrada hasta la salida en cualesquiera de las dos refinerías físicas en estudio. Con la disminución de estos ácidos grasos se obtiene un aceite inodoro e insaboro.

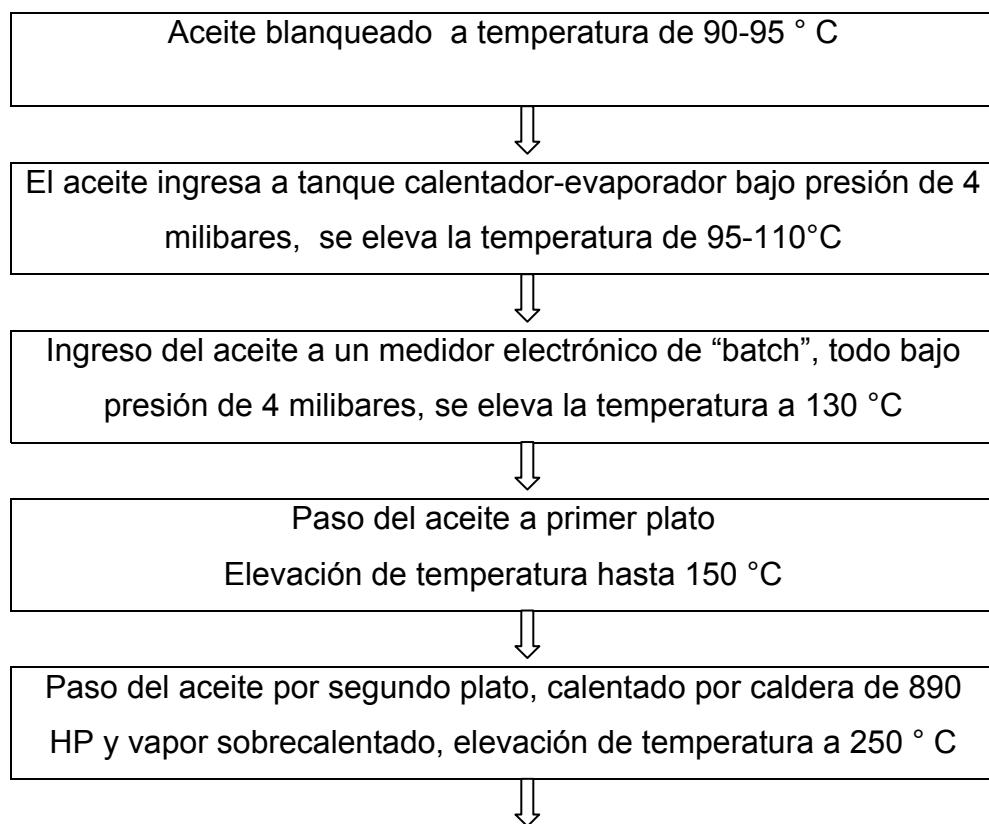
Tabla III. Porcentaje de ácidos grasos presentes en el aceite crudo de Palma y oleína

	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico
Palma	45	4	39	10
Oleica	40	-	42	-

6.3.1 Método gráfico

Los porcentajes de ácidos grasos libres para los tres productos en estudio, permitirán construir gráficas comparativas, las cuales hacen evidentes las ventajas que produce una respecto a la otra, dado que este porcentaje de ácidos grasos libres es determinante en la calidad de los productos grasos comestibles.

**Figura 3. Diagrama de Bloques del desodorizado
(Refinería “Multistock”)**



Ingreso del aceite a tercer plato, inicio de la desodorización, agitación del aceite por medio de vapor seco y bombas mamut, elevación de la temperatura hasta 260 °C



Paso del aceite por cuarto plato, continuación de la desodorización, agitación del aceite por medio de vapor seco y bombas mamut, temperatura de 260 °C



Ingreso del aceite a quinto plato, plato enfriamiento, descenso de la temperatura a 230 °C



Paso del aceite a sexto plato de enfriamiento, descenso de la temperatura a 120 °C



Descarga del aceite a séptimo plato, descenso de la temperatura a 100 °C

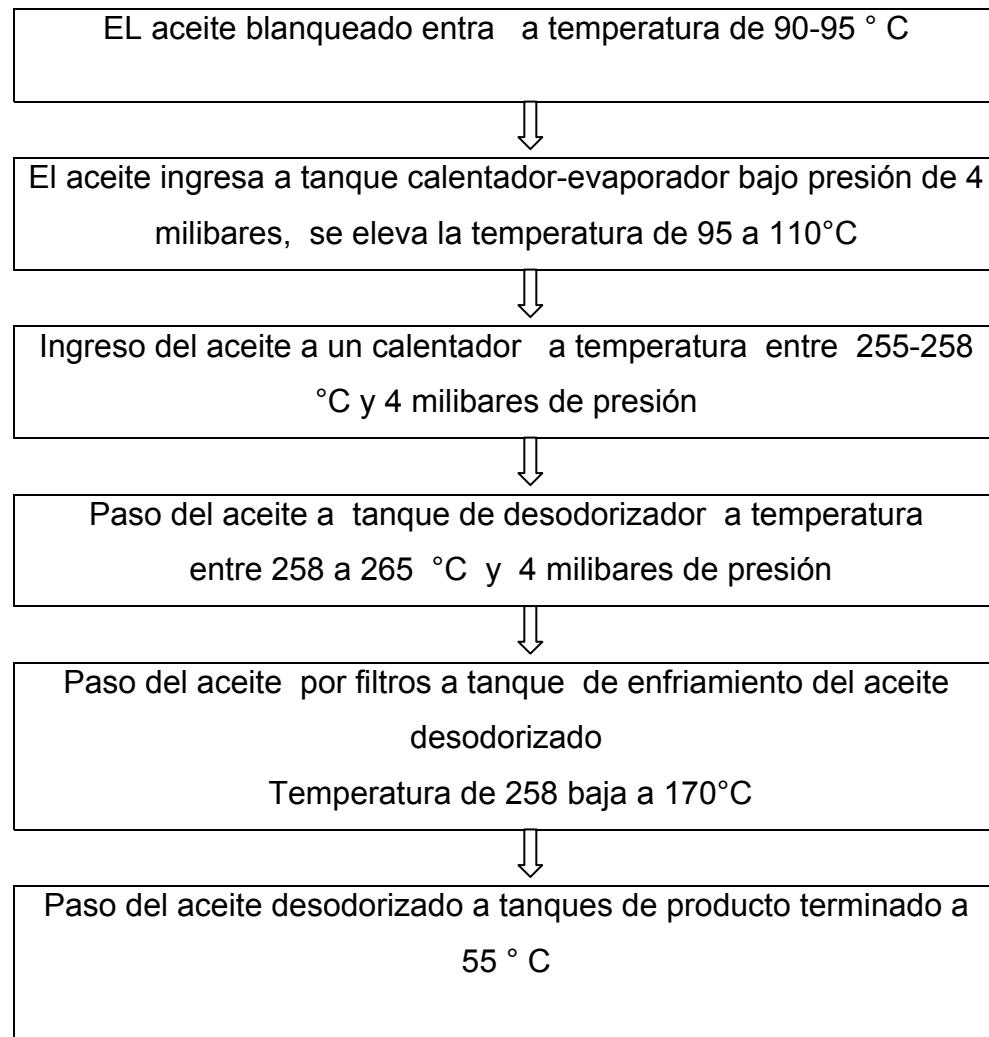


Paso del aceite por intercambiador de placas (agua-aceite), descenso de temperatura a 60 °C



Paso del aceite por filtros de fundas para eliminación de impurezas, envío del aceite a pulmones de almacenamiento.

**Figura 4. Diagrama de Bloques del desodorizado
(Refinería “Unistock”)**



Resultados

Método por comparación gráfica

Figura 5. curva comparativa de acidez para aceite de palma

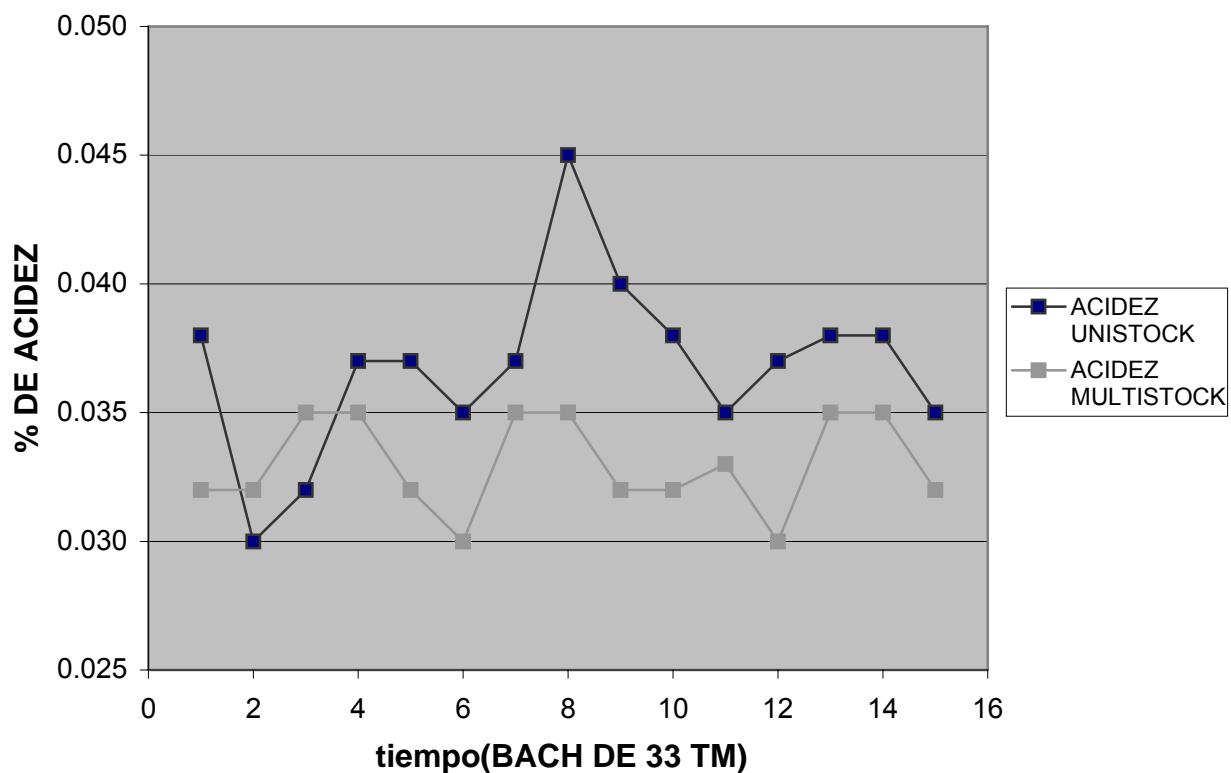


Figura 6. Curva comparativa para BMH

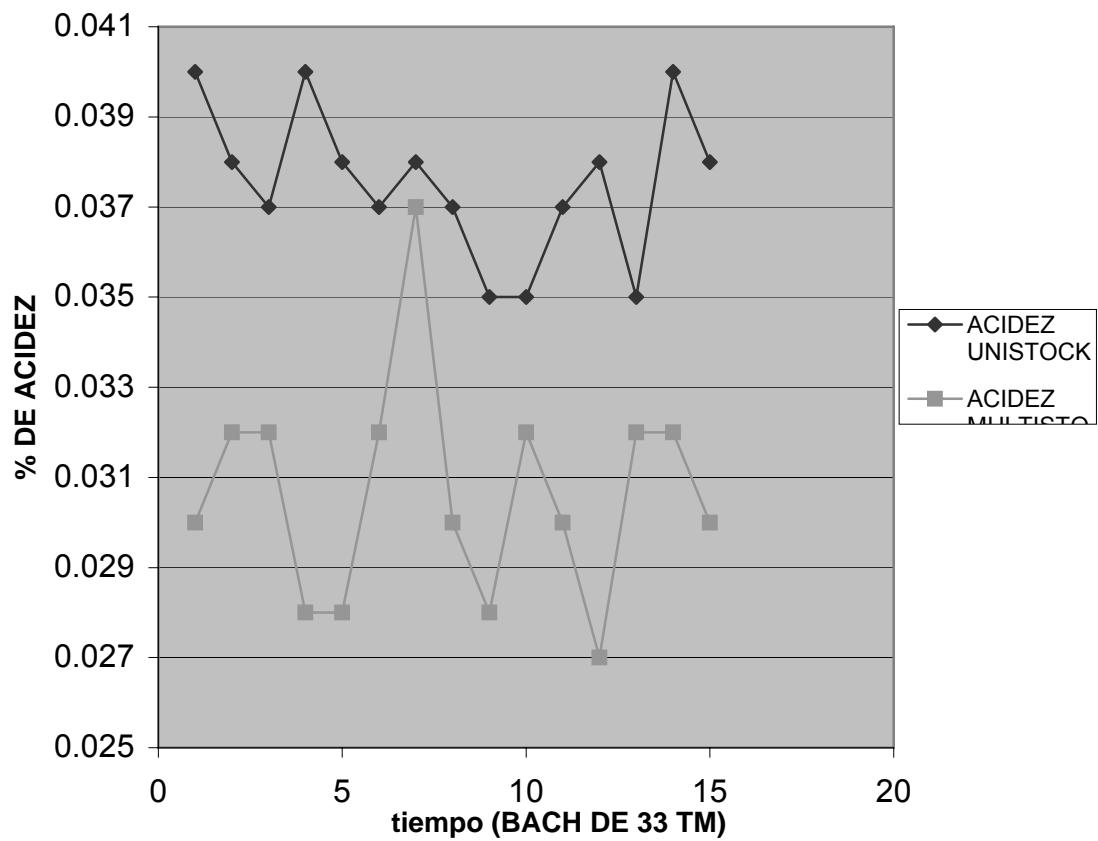


Figura 7. Curva comparativa para Manteca

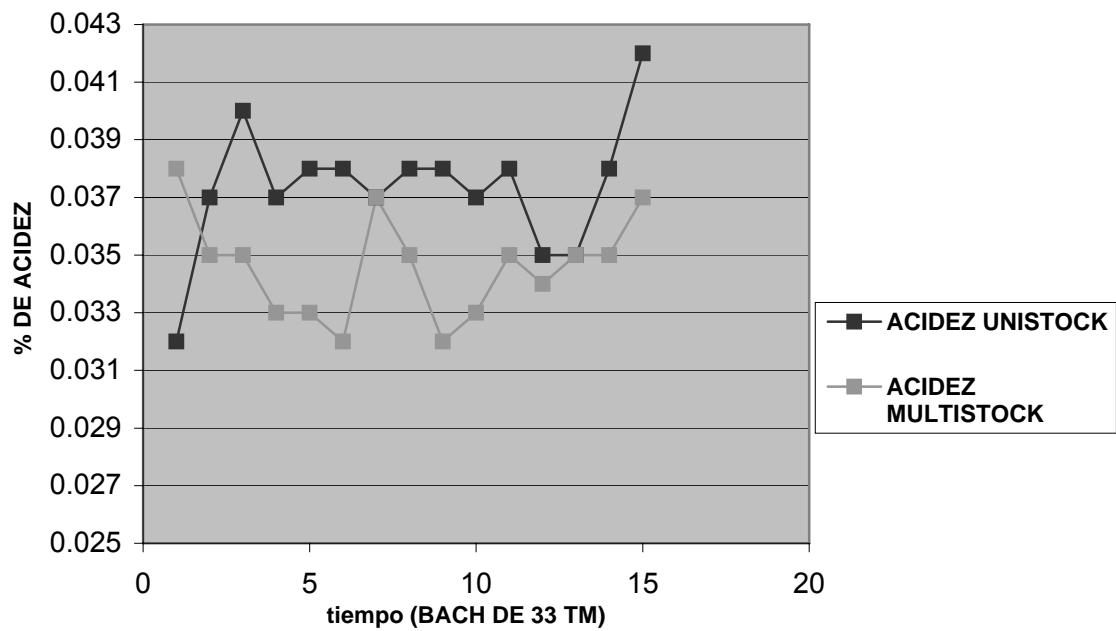
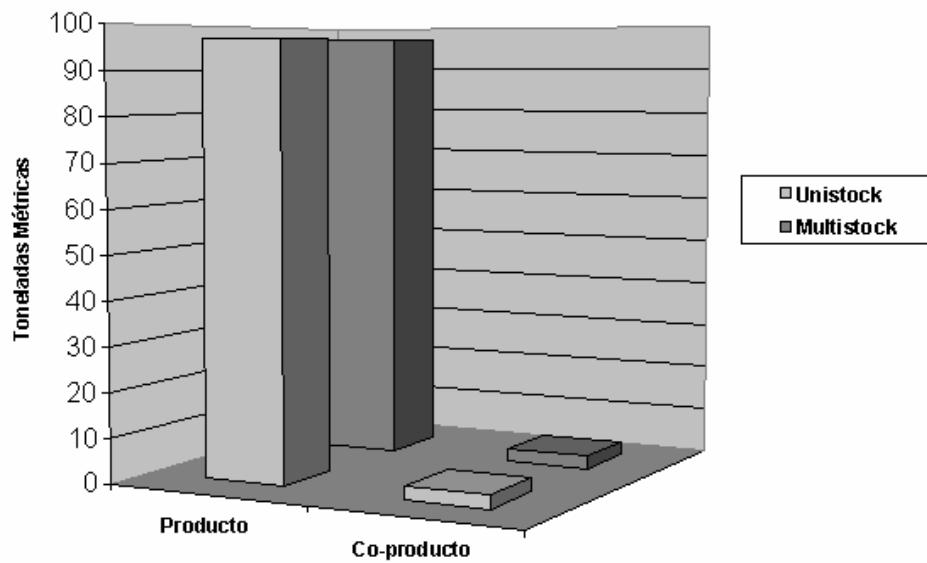


Figura 8. Rendimientos para RBD



Discusión de Resultados

De acuerdo a los resultados del porcentaje de acidez presente en los tres productos es más bajo para la refinería física “multistock” de acuerdo a cada una de las curvas comparativas; en la primera gráfica de RBD un porcentaje máximo de acidez en la refinería física “unistock” de 0.045 y un valor máximo para la refinería “multistock” de 0.035. Para la BMH un máximo en la “unistock” de 0.040 y en la “multistock” de 0.037. Para la Manteca un máximo para la “unistock” de 0.042 y para la “multistock” de 0.030, el comportamiento es el mismo en los tres diferentes productos analizados (Tablas IV, V y VI). La tendencia de los resultados muestran un comportamiento casi lineal en las dos refinerías en estudio “Multistock” y “Unistock” con algunas elevaciones para la refinería física “unistock”, especialmente en la curva para palma RBD (figura No. 3) y la curva para manteca (figura No. 5), en el lote número 8 y número 15 respectivamente, donde los resultados alcanzan su máximo valor, mientras que el valor mínimo se alcanza con la refinería multistock en la BMH en el lote número 12, tanto el mínimo como el máximo son resultados aceptables dentro de los parámetros de calidad, dado que el máximo valor aceptado es de 0.050%, con lo cual todavía se obtiene un aceite libre de mal olor y mal sabor.

El anterior resultado mencionado de 0.045 % se pudo presentar por muchas razones; es muy importante mencionar que las dos refinerías utilizan las mismas condiciones y variables de operación (Tabla II), aunque el fenómeno más común en un proceso de desodorizado son las caídas de presión de vapor producidas en la planta de vapor (caldera), la cual se debe mantener a la entrada de la refinería con un mínimo de 128 psi, con lo cual se

pierde momentáneamente el vacío de operación de 4 milibares el cual al producirse la caída de presión de vapor puede elevarse a 6-7 milibares con lo cual ya la succión de ácidos grasos libres es más débil y tiende a quedarse un mínimo porcentaje dentro del producto. Cuando la pérdida de vacío es prolongada en lapsos de más de 2 minutos se comienza a obtener un producto de mala calidad con mal olor y mal sabor y el porcentaje de ácidos grasos libres se comienza a incrementar para salirse del parámetro máximo aceptable de 0.050%, Por el valor obtenido de 0.045% este fenómeno no pudo presentarse por un lapso mayor de 2 minutos como se mencionaba anteriormente.

Cuando se analizan a profundidad factores que marcan las ventajas en la calidad del producto desodorizado, es importante mencionar que la refinería “multistock” mantiene la presión de proceso entre un rango de 2-4 milibares lo cual se logra por su sistema de eyectores y una presión mínima de vapor de alimentación de 120 psi, no así una refinería física “unistock” la cual necesita como mínimo para mantener la presión de proceso a 2-4 milibares una presión de entrada mínima de 128 psi; cabe resaltar que ambas refinerías reciben dicha presión de vapor de la misma planta de vapor , la cual tiene una potencia de 700 Hp y alcanza una presión de vapor a la salida de 140 psi, en donde es determinante la distancia y la acumulación de condensados en la línea (tuberías) lo cual viene solamente a provocar una baja en la presión en un rango de 0 - 5 psi, para entrar a las refinerías a un valor de 135 psi.

Una refinería física del tipo “multistock”, utiliza un sistema de 7 platos de operación los cuales contienen válvulas de vaciado, las que se activan automáticamente después de un tiempo de 4 a 5 minutos de residencia del producto, lo cual puede ser reducido o incrementado por el operador dependiendo de la calidad y condiciones que se requieran en el producto.

Por esta refinería pueden llevarse uno o varios productos a la vez sin sufrir ninguna contaminación, lo cual se logra llevando entre estos un lote de producto (lote de limpieza) con punto de fusión cercano o muy similar al producto en proceso, además utiliza un tiempo de escurrido de platos de 60 segundos y un tiempo de soplado entre diferentes productos de 1800 segundos, los cuales pueden ser disminuidos o incrementados como se deseé. Todas estas variables no se pueden dar en una refinería física “unistock”, donde no existe tiempos de soplado, tiempos de escurrido, mucho menos lote de garantía de productos.

Para un total de 500 TM de aceite crudo de palma procesado según (Tabla IV) la refinería “multistock” tiene un rendimiento de 97.08% (485.40 TM) de RBD , mientras que la refinería física “unistock” tiene 96.88% (484.42 TM) de RBD, lo cual arroja una diferencia de 0.98 TM; este rendimiento se logra por las ventajas antes mencionadas. De la misma forma el rendimiento del producto para una refinería física multistock se mantiene dentro de un rango de 97.08-98.73% y el co-producto dentro de un rango de 1.22-2.87% lo que refleja un 99.95% de conservación de la masa, el 0.05% se pierde en los vapores condensados.

Vale recalcar que las dos refinerías físicas (“multistock” y “unistock”) utilizan el mismo sistema creador de vacío, dos booster, dos toberas convergentes-divergentes y tres eyectores iniciadores, por ende deberían de lograr la misma presión de vacío dado que la presión de vapor es la misma.

CONCLUSIONES

1. El mayor porcentaje de acidez se dio en la refinería física “unistock” para el RBD con un valor de 0.045%.
2. El resultado más bajo de acidez en el producto se obtuvo en la refinería física multistock para la BMH con un valor de 0.027%
3. Para 500 TM de ACP procesados en ambas refinerías físicas, la multistock produjo 485.40 TM, mientras que la “unistock” produjo 484.42 TM con una diferencia de 0.98, ver figura No. 6.
4. La masa se conservó en un 99.95%, el 0.05% se perdió en vapores condensados
5. Se realizaron 5 repeticiones de cinco lotes de 90 TM cada lote, para cada producto, en las dos refinería física a la vez.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios posteriores de acidez, utilizando mezclas de mantecas que no contengan altos porcentajes de ACP, ya que, esta es la causante de la acidez mas alta en los productos desodorizados
2. Evaluar rendimientos de productos y co-productos en una refinería física multistock y efectuar escurridos y soplados elevados.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.) **BAILEY'S Industrial Oil & Fat Products.** 5th edition. Volume 4 Edible oil & Fat Products: Processing Technology. U.S.A.: Edited By Y.H. Hui, 1996.
- 2.) CARDONA Lehnhoff, José Fernando. **Evaluación de antioxidantes en el aceite de semilla de algodón sinterizado y desodorizado.** Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ingeniería, 1981.
- 3.) ERICKSON, Ph. D David R. **“Aspectos Críticos en la Refinación del Aceite de Soya”.** Edición Especial Asociación Americana de Soya. (México), (49): 1-5. 1994.
- 4.) ERICKSON, Ph. D David R. **“Formulation of Margarine and Shortenings for Specific Uses with a Base Stock Program”.** Edition American Soybean Association. (U.S.A.): 1-8. 1994.
- 5.) ERICKSON, David R. **Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization.** U.S.A. : Edited By AOCS Press and United Soybean Board, 1995.

- 6.) LOPEZ Castellanos, Oscar Gerardo. **Manual de Operación y Mantenimiento del equipo de Cristalización de Mantecas en una Industria de Aceites y Grasas.** Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1999.
- 7.) SAMPERIO, Ing. José Manuel. **“Glosario de Términos para la Industria Aceitera”.** Asociación Americana de Soya. (México ,(Cat) No.78) : 1996.
- 8.) **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivates.** International Union of Pure and Applied Chemistry. 7th edition, Blackwell Scientific Publications. IUPAC Method 2.205. (USA): 1987
- 9.) WINGROVE, Alan S. Y Robert L. Caret. **Química Orgánica.** México: Editorial Harla, 1984.
- 10.) GOMEZ Girón, Rolando Alexander. **Determinación de la Selectividad Química en Procesos de Hidrogenación de aceite de Soya.** Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2002.
- 11.) BROWN, Theodore L. Y Eugene Lemay Jr. **Química La Ciencia Central.** México: Editorial Prentice may Hispanoamericana, S. A. 1987.

12.) **Arcillas adsorbentes altamente activadas para el procesamiento de aceites y grasas.** Revista Regional Management Américas México, Peru , Brazil and USA.

13.) **Aceite de Palma de Malasia.** Revista “MALAYSIAN PALM OIL PROMOTION COUNCIL”. Rua Estela, 515- Bloco H- Conj. 192-04011-002-Sao Paulo-Sp-Brasil, page: <http://www.mpopc.com.br>.

14.) **Deodorización.** Revista “Asociación Americana de Soya”. Calvin T. Zehnden Consultor Asociación Americana de Soya. ASA/México. CAT No. 82 Primera Reimpresión, septiembre 2002, <http://www.aces.uiuc.edu/mexsoy>.

APÉNDICE

Resultados del porcentaje de ácidos grasos libres en los productos:

Tabla IV. Porcentaje de ácidos grasos libres en el RBD

LOTE DE 10 TM	ACIDEZ UNISTOCK	ACIDEZ MULTISTOCK	ACIDEZ ENTRANDO
1	0.038	0.032	2.688
2	0.030	0.032	2.688
3	0.032	0.035	2.688
4	0.037	0.035	2.688
5	0.037	0.032	2.688
6	0.035	0.030	2.688
7	0.037	0.035	2.688
8	0.045	0.035	2.688
9	0.040	0.032	2.688
10	0.038	0.032	2.688
11	0.035	0.033	2.688
12	0.037	0.030	2.688
13	0.038	0.035	2.688
14	0.038	0.035	2.688
15	0.035	0.032	2.688

Tabla V. Porcentaje de ácidos grasos libres en la BMH

LOTE DE 10 TM	ACIDEZ UNISTOCK	ACIDEZ MULTISTOCK	ACIDEZ ENTRANDO
1	0.040	0.030	1.182
2	0.038	0.032	1.182
3	0.037	0.032	1.182
4	0.040	0.028	1.182
5	0.038	0.028	1.182
6	0.037	0.032	1.182
7	0.038	0.037	1.182
8	0.037	0.030	1.182
9	0.035	0.028	1.182
10	0.035	0.032	1.182
11	0.037	0.030	1.182
12	0.038	0.027	1.182
13	0.035	0.032	1.182
14	0.040	0.032	1.182
15	0.038	0.030	1.182

Tabla VI. Porcentaje de ácidos grasos libres en la Manteca

LOTE DE 10 TM	ACIDEZ UNISTOCK	ACIDEZ MULTISTOCK	ACIDEZ ENTRANDO
1	0.032	0.038	1.852
2	0.037	0.035	1.852
3	0.040	0.035	1.852
4	0.037	0.033	1.852
5	0.038	0.033	1.852
6	0.038	0.032	1.852
7	0.037	0.037	1.852
8	0.038	0.035	1.852
9	0.038	0.032	1.852
10	0.037	0.033	1.852
11	0.038	0.035	1.852
12	0.035	0.034	1.852
13	0.035	0.035	1.852
14	0.038	0.035	1.852
15	0.042	0.037	1.852

Tabla VII. Porcentaje de rendimiento de productos y co-productos

PORCENTAJES DE RENDIMIENTO (MEDIA)

	UNISTOCK		MULTISTOCK	
	PRODUCTO	CO-PRODUCTO	PRODUCTO	CO-PRODUCTO
RBD	96.88	3.07	97.08	2.87
BMH	98.54	1.41	98.73	1.22
MANTECA	97.80	2.15	98.01	1.95