



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

MEMORIA DE EXPERIENCIA PROFESIONAL:

**IMPLEMENTACIÓN DE TIERRA SÍLICA EN LA REFINACIÓN
DE ACEITE DE PALMA CRUDO**

QUE PRESENTA:

P. I. Q. NOÉ CONTRERAS GONZÁLEZ

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO.**

ASESOR:

M. C. RODOLFO RUIZ HERNÁNDEZ.

MORELIA, MICH. ABRIL DE 2011



Índice

Resumen.....	3
I.- Introducción.....	5
II.- Fundamento teórico.....	8
Blanqueo.....	8
Desodorización.....	16
III.- Descripción del proyecto, actividades y aportaciones realizadas.....	27
IV.- Resultados.....	28
V.- Conclusiones.....	30
VI.- Bibliografía.....	31

Resumen.

El presente trabajo fue realizado en AAK (Aarhuskarlshamn de México) que es parte de un corporativo internacional que se dedica a la manufactura de grasas y aceites vegetales y animales para su consumo alimenticio a partir de aceites crudos provenientes de diversas plantas y de sebo de res crudo. Los procesos a los que se someten las materias primas son el desgomado, blanqueo, desodorización, a los que en conjunto se les llama también refinación, otros procesos son fraccionamiento e hidrogenación; así como su posterior formulación y empaque. Este trabajo se enfoca en el mejoramiento técnico del proceso de refinación del aceite crudo de palma el cual se trata tradicionalmente con ácido fosfórico y tierra arcillosa de blanqueo para luego desodorizarse en una torre de destilación logrando parámetros aceptables de calidad; 0.05% máximo de AGL (Ácidos Grasos Libres), color de 3.5 R máximo de color (en escala Lovibond) y 2 ppm máximo de fósforo. El primer parámetro (AGL) se relaciona con el sabor y olor del aceite, a esta acidez el aceite se encuentra libre de cualquier olor o sabor desagradable y de varios compuestos indeseables como alcoholes, aldehídos o ésteres, esto se logra en la etapa de destilación. El segundo parámetro, el del color, se procura por convención de que la apariencia llamativa para el consumidor es un aceite claro de color, eliminando compuestos de oxidación de metales y clorofila, aunque también se debe tomar en cuenta que el color del aceite baja en el proceso de blanqueo que también tiene como objetivo el de bajar la cantidad de fosfátidos en el aceite para hacerlo almacenable por más tiempo y que tenga resistencia en las operaciones de freído para las que es muy usado.

El blanqueo es esencialmente un proceso de adsorción de compuestos suspendidos y disueltos de triglicéridos de aceites sobre las superficies sólidas de un adsorbente, como compuestos de oxidación, trazas de metales y pigmentos. Los compuestos a ser adsorbidos están presentes en muy bajas concentraciones en el orden de los miligramos/kg. Las tierras arcillosas activadas con ácido son usadas habitualmente, pero también se emplean las sílices sintéticas (llamadas también tierras sílicas) en algunos casos como en el del aceite de palma. Los materiales polares, los cuales están disueltos o suspendidos en el aceite son adsorbidos en las superficies de las partículas de un material adsorbente. Los factores más importantes para un buen blanqueo es la selección de una tierra con acidez y humedad suficiente, lograr una agitación constante y vigorosa, tiempo de residencia adecuado (de 15 a 25 min) y una temperatura que se incremente gradualmente de 80 a 110 °C, en algunos casos se usa vacío en el blanqueo (de 50-150 Torr), aunque no es imperativo hacerlo. La adición secuencial de tierra sílica y tierra de blanqueo activada con ácido es una práctica relativamente moderna y que ha demostrado ser muy beneficiosa en la industria, los dos productos se adicionan con un tiempo entre uno y otro, en tanques distintos, favoreciendo la adsorción de jabones, fosfátidos y pro-oxidantes metálicos en la sílica dejando libre de éstos a la tierra decolorante que absorberá a los pigmentos y así poder usar menos tierra de blanqueo para no incurrir en costos excesivos de operación.

Uno de los principales clientes de AAK es Sabritas®, que exige en promedio 50 toneladas diarias de aceite de palma con las características de calidad ya mencionadas y sobre todo son muy delicados en cuanto al valor de fósforo ya que es un parámetro crítico en sus procesos de freído. El aceite de palma se procesa en la planta en un departamento llamado “Desodorizador 4” que incluye la parte del blanqueo y de desodorización, el aceite entra crudo al proceso donde es calentado, mezclado con ácido fosfórico y tierra arcillosa a una temperatura de 95-110°C, se filtra y pasa a desodorizarse en una torre de destilación que es la que recibe el nombre de desodorizador propiamente; ahí se alcanza una temperatura de 280-288°C y un vacío de 2-4 mmHg de presión absoluta, después pasa a enfriarse para poder salir a la presión atmosférica y que no se oxide afectando el color del producto final que sale a tanques de almacenamiento.

El presente trabajo se ocupa de la forma en que a este proceso se le agregó una etapa intermedia de mezclado de tierra sílica previa a la adición de tierra de blanqueo para procurar una reducción más drástica del fósforo y poder agregar menos tierra de blanqueo, reduciendo así los costos y aumentando la calidad del producto. La implementación del uso de la tierra sílica se llevó a cabo mediante previas pruebas en el equipo para lo cual se tuvo que instalar una tolva nueva con la que se adiciona la tierra sílica con un gusano dosificador a un ritmo controlado por instrumentación sofisticada, con este equipo se hicieron 4 pruebas, una prueba fue con 0.8% de tierra de blanqueo y 0.15% de tierra sílica, en las siguientes pruebas se conservó el mismo porcentaje de tierra sílica (con respecto al aceite procesado) pero se descendió a 0.7, 0.6 y 0.5% respectivamente en la cantidad de tierra de blanqueo arcillosa en las 2da, 3era y 4ta pruebas. Se observó que el porcentaje de tierra de blanqueo agregada se redujo de un 1.5 – 2% a un 0.5 – 1%, la fluctuación se debe a la variable calidad de la palma cruda que entra a proceso y también a la de la tierra de blanqueo y la propia de tierra sílica también, agregando pues, este 0.15% de tierra sílica, se obtuvo una mayor estabilidad en el fósforo y un ahorro significativo en cuanto a la tierra de blanqueo arcillosa y al manejo de la misma ya que después de usarse queda inutilizada y hay que desecharla, lo cual no sólo es costoso, sino también engorroso. Otra ventaja de usar esta tierra consiste en la reducción de tiempos muertos en la etapa de filtrado ya que al agregar menos tierra, los filtros aguantan más tiempo antes de tener que ser limpiados por lo que así se asegura siempre tener uno limpio antes de que el otro (son dos) se sature.

I.- Introducción

De la palma se utilizan los frutos, tanto la pulpa como la almendra. Una vez transformados, los productos de la palma se utilizan en la industria agroalimentaria (más del 50%), la industria química, cosmética, alimentación animal y más recientemente para agrocombustibles. El aceite de palma representa entre el 18-26 % del peso fresco de un racimo. Antes de ser refinado o tratado, este aceite está considerado como el alimento natural más rico en vitamina A (cerca de 15 veces más que la zanahoria). Después de ser transformado, es un componente esencial de la industria agroalimentaria: se encuentra en aceites de fritura, margarinas, muchos platos precocinados, sopas, patatas fritas, helados, bizcochos, etc.

El proceso de blanqueo y desodorización del aceite crudo de palma es de gran importancia en la industria alimentaria, en los últimos 20 años la demanda de este producto se ha incrementado debido a que se ha incorporado a varios procesos en los que no se usaba y como ingrediente en muchas más formulaciones de grasas especiales. La Unión Europea casi duplicó su consumo de aceite de palma en la última década, alcanzando el 10% del consumo mundial. Está previsto que su demanda se duplique hasta 2030 y se triplique hasta 2050.

En AAK el aceite crudo llega desde Malasia, Indonesia, Guatemala y también de cultivos mexicanos en menor medida, se almacena en dos tanques, cada uno con una capacidad de más 600 toneladas, la calidad típica con la que se recibe es de 4% de AGL (Ácidos Grasos Libres), 20 ppm de fósforo analizado con espectrofotometría, 20R de color en escala lovibond y 0.8% de humedad.

El aceite es bombeado de estos tanques al “Desodorizador 4” más precisamente al blanqueo, primero pasa por un intercambiador aceite/aceite que lleva por el lado de los tubos el aceite caliente que sale del desodorizador el cual se enfría, y por el lado de la coraza lleva el aceite crudo como se menciona, el cual entra para calentarse a unos 80°C luego pasa a un mezclador aceite/ácido fosfórico, en el cual se le agregan 900 ppm de ácido fosfórico diluido al 50%, de ahí sube hasta el primer tanque en el cual el aceite pasa unos 10 min de residencia, después de esto y el aceite anteriormente se iba directo al tanque de lodos a contactarse con la tierra de blanqueo pero al hacer las pruebas de la adición de tierra sílice (o sílica) y obtener el éxito esperado, se modificó el proceso obteniendo las ventajas ya mencionadas anteriormente; ahora el producto después de este primer tanque, pasa luego al llamado tanque de sílica en el cual se le agrega la tierra sílica (o sílice) la cual es marca trysil® y es usada ampliamente en la industria aceitera. Después de 15 min de residencia en este último tanque, se pasa a un tercer tanque llamado tanque de lodos donde se agrega la tierra activada de blanqueo, la tierra arcillosa, la cual es marca tonsil supreme®, es una tierra que también es usada con éxito en muchas plantas aceiteras, en este tanque de lodos la residencia es de menos de 7 minutos para luego pasar al decolorador, un tanque donde se eleva la temperatura del producto hasta 105°C y donde permanece el producto otros 20 min para luego pasar a filtrarse en uno de los dos filtros de placas verticales, estos filtros son previamente limpiados y se les recircula con aceite y una tierra inerte que sirve sólo como medio de

filtrado, formándose una “precapa” en cada una de las placas que por dentro tiene el filtro permitiendo que ahí se vayan acumulando los materiales a filtrarse, la tierra sílice, la tierra de blanqueo y las impurezas. Después del filtrado, se manda el aceite a un desecador en el cual por medio de vacío se remueve el agua para poder entrar a la etapa de destilación pero primero se acumula el producto en un tanque colchón del cual se alimenta un tanque llamado predesodorizador en el cual hay un vacío de 2.5 mmHg y se calienta el aceite a una temperatura de 285°C, luego el producto entra a la torre de destilación llamada desodorizador la cual tiene 3 charolas en las que el aceite es burbujeado con vapor de arrastre para así purificar el aceite y lograr una acidez de 0.5% de AGL máxima. En esta torre la presión sigue siendo de 2.5 mmHg, después de esta etapa, el aceite pasa a enfriarse en el intercambiador ya mencionado con el aceite crudo de entrada, finalmente pasa a un enfriador aceite/agua donde se enfria hasta 60°C para pasar al tanque de almacenamiento de donde se alimenta para procesos subsecuentes como hidrogenación y fraccionamiento o se toma directo para mandarlo a su venta o a tanques de formulación junto con otros ingredientes y aceites.

El diagrama de líneas y equipos se muestra a continuación:

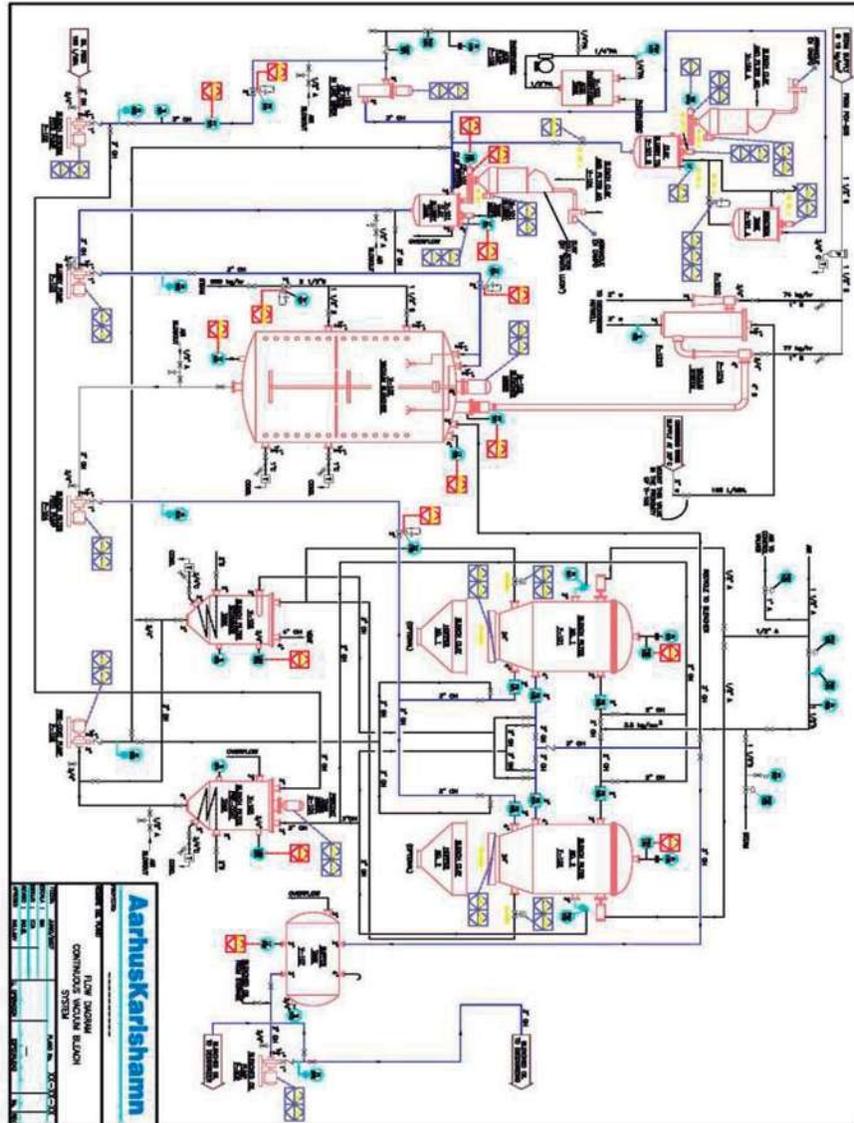


Figura 1.- Diagrama de flujo, blanqueo y filtrado.

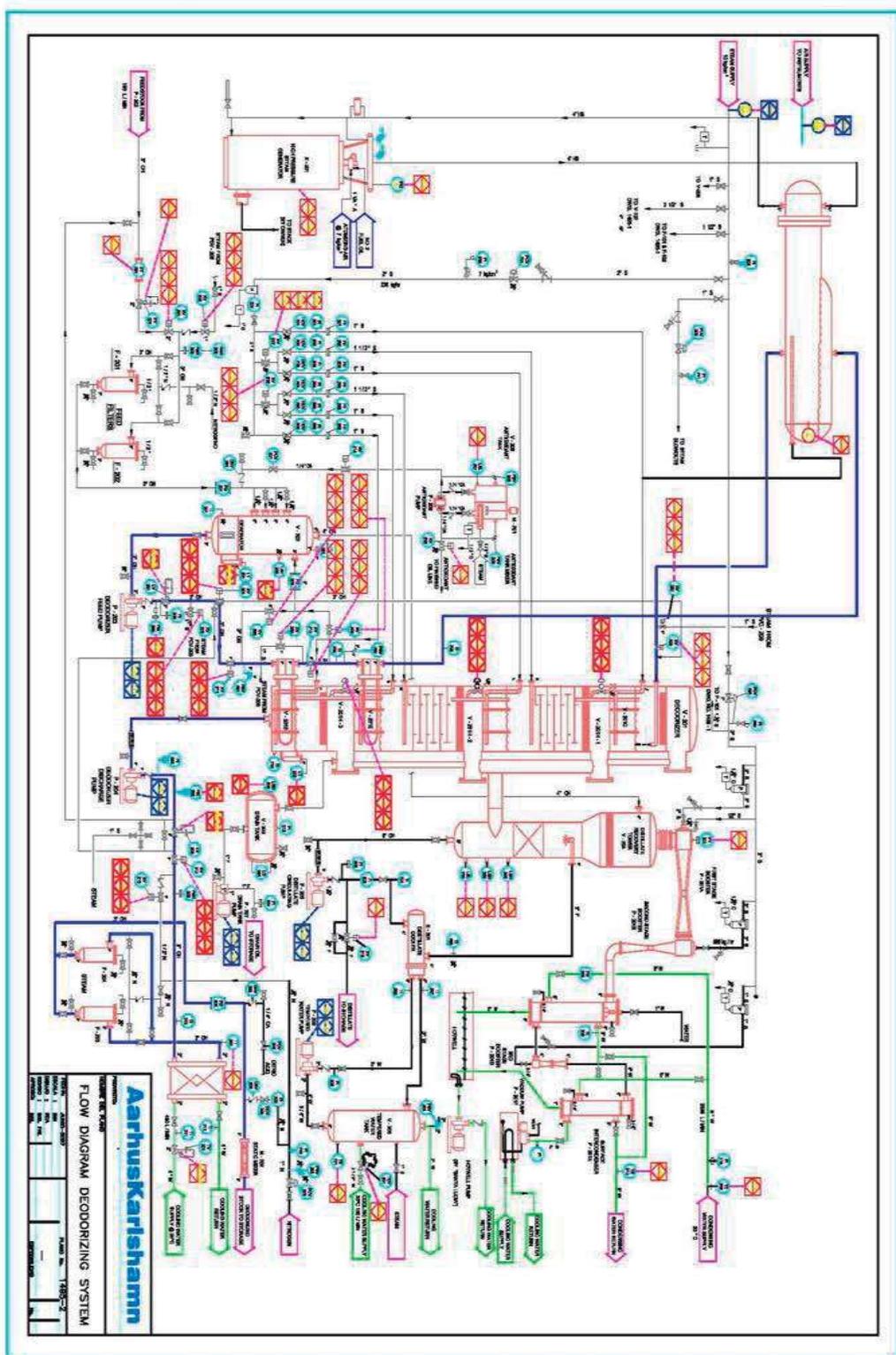


Figura 2.- Desodorización.

II.- Fundamento teórico

Blanqueo del aceite de palma

El blanqueo ha asumido una creciente importancia con relación a los otros procesos de refinación. Este es esencialmente un proceso de adsorción de compuestos suspendidos y disueltos de triglicéridos de aceites sobre las superficies sólidas de un adsorbente. Los compuestos a ser adsorbidos están presentes en muy bajas concentraciones en el orden de los miligramos/kg. La isoterma de adsorción de Freundlich describe muy bien el proceso con la ecuación: $C^* = K \{V(C_0 - C^*)\}^n$. Las tierras activadas con ácido son usadas habitualmente, pero también se emplean las sílices sintéticas (llamadas tierras sílicas) y el carbón activado. Existe una considerable actividad con relación a las mejoras en los adsorbentes. Las reacciones secundarias en el blanqueo son especialmente importantes con relación a la calidad del aceite y a las pérdidas del mismo, haciendo importante limitar el tiempo de contacto adsorbente/aceite y la temperatura. Existen varias versiones del proceso las cuales reflejan concepciones pasadas al igual que conocimientos modernos. Los procesos modernos operan en la modalidad continua con buen control de tiempo de contacto y temperatura. Generalmente también se encuentra incorporado el equipo para pre-tratamiento ácido. Una disposición inocua para el medioambiente de los adsorbentes empleados, usando los mismos en materiales de construcción, o quitando el aceite antes del volcamiento en tierras de relleno, es en la actualidad un requerimiento más importante de lo que lo era en el pasado. La reutilización de las tierras activadas no parece factible, pero la reutilización de los adsorbentes más costosos de sílice y carbón está siendo investigada y es de lo que se ocupó el proyecto que en el presente documento se retrata, la adición de tierra sílice a un proceso de blanqueo, en este caso al blanqueo del aceite crudo de palma.

El blanqueo de los aceites es efectuado mediante un proceso de adsorción. Los materiales polares, los cuales están disueltos o suspendidos en el aceite en concentraciones relativamente bajas, son adsorbidos en las superficies de las partículas de un material adsorbente. Estas superficies tienen lados eléctricamente cargados debido a las inhomogeneidades en el reticulado del cristal, los cuales componen las partículas y que son aumentadas mediante la activación de la tierra con ácido. Las consideraciones anteriores indican que la adsorción de compuestos es gobernada en mayor parte por el número de lugares adsorbentes disponibles y además por la concentración de material polar en el aceite.

Dependiendo de la naturaleza de una solución diluida sobre una superficie sólida, como en el caso del blanqueo de aceite comestible: $C^* = K \{V(C_0 - C^*)\}^n$, donde C^* = masa de equilibrio de soluto/volumen de solución, V = volumen de solución/ masa de adsorbente, C = masa inicial de soluto/volumen de solución y K y n son constantes que dependen de factores diferentes a los de la concentración de soluto y adsorbente, principalmente la temperatura y la naturaleza del adsorbente y del solvente. La ecuación anterior es una forma de la isoterma de Freundlich. La relación indica que la adsorción a una temperatura fija y las propiedades adsorbentes, dependen de la concentración del soluto, por ejemplo clorofila y de la concentración del adsorbente, generalmente tierra de blanqueo activada con ácido.

Debido a la variedad de compuestos que deben ser eliminados del aceite mediante la adsorción, es apropiado analizar sus isotermas de adsorción. Esto proporciona una visión en cuanto a la eficiencia de los adsorbentes, especialmente de las tierras activadas, para quitar estos compuestos. Estos datos se deben a Delaney y Ungermann. La figura 3 proporciona datos sobre la eliminación del color rojo del aceite de canola y soja empleando una variedad de tierras activadas con ácido. Para el aceite de soja se requiere aproximadamente 0,5 % de la tierra de mejor calidad empleada en estas pruebas, y para el aceite de canola se requiere aproximadamente 1,5 % para lograr un color 5-6 rojo Lovibond. En el caso que nos ocupa, el blanqueo del aceite de palma, se ocupa un 1% aproximadamente de tierra de blanqueo.

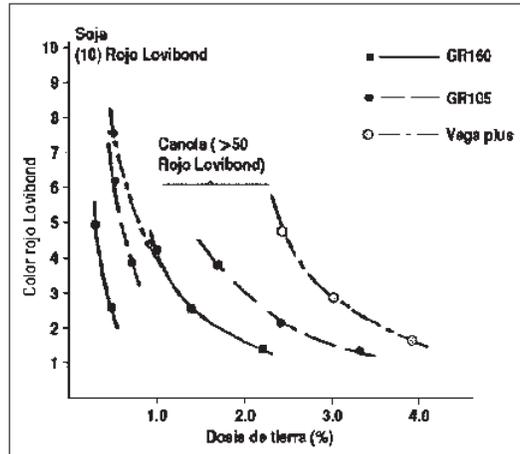


Figura 3.- Isotermas de adsorción de compuesto colorados para aceite de canola y soja, con distintas tierras de blanqueo.

La figura 3 hace referencia a la eliminación de clorofila de los mismos aceites. Para lograr una concentración residual de 50 microgramos/ kg de clorofila se requirió aproximadamente 0,5 % de tierra, y el de canola, conteniendo una concentración máxima de 21,7 miligramos/ kg, requirió aproximadamente 1,8 %. Estas son dosis de tierra típicas empleadas en el blanqueo de estas dos clases de aceite. Los compuestos clorofiloides deben ser eliminados hasta concentraciones de 50 mg/kg o inferiores, para evitar la rápida oxidación del aceite en presencia de luz.

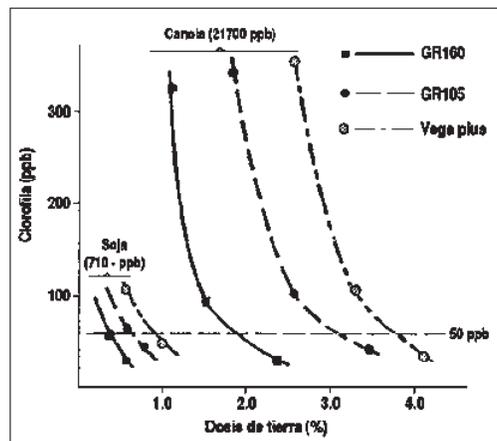


Figura 4.- Isotermas de adsorción de clorofila para aceite de canola y soja, con distintas tierras de blanqueo.

Así pues, el blanqueo es el proceso mediante el cual al aceite (refinado y/o desgomado, fraccionado e hidrogenado) le son sustraídos los compuestos de oxidación y colorantes. Trazas de metales y pigmentos son eliminados durante el blanqueo en el cual también se lavan las trazas de gomas y jabón que quedan ya sea del desgomado o de la refinación con soda cáustica si es que hubo tal. Esta etapa es crítica para controlar la hidrogenación, en la que se logran las propiedades físicas/químicas deseadas del aceite para producir una gran diversidad de productos para la industria alimentaria.

El blanqueo adecuado con tierras ácidas-activadas es crítico en el procesamiento de los aceites y grasas; normalmente se practica en base a la reducción del color y la dosificación de tierra, por lo general, utiliza este mismo parámetro. Sin embargo, la reducción del color del aceite de soya en el blanqueo prácticamente puede ignorarse, ya que se logra mediante los efectos combinados cuando se emplean la refinación, blanqueo, desodorización e hidrogenación, el caso de la palma es muy similar, el color de una muestra del blanqueo (8R normalmente) difiere mucho del color de una muestra del aceite ya desodorizado (2.5R normalmente), claro, que si no hubo un buen blanqueo, el color no bajará en la etapa de desodorización. En este caso, la razón fundamental de determinar la dosificación adecuada de tierras ácido-activadas se cambia del propósito de reducción de color a reducción de productos de oxidación y de fosfátidos a fin de que todos los compuestos que contienen oxígeno sean eliminados del aceite blanqueado y las propiedades del aceite sean las adecuadas en procesos de freído y sea estable en almacenamiento prolongado.

Las características críticas que hay que considerar para seleccionar la tierra para el blanqueo se muestran en la Tabla 1. La acidez de la tierra se expresa como acidez titulable o combinada (TA); en tanto que el pH representa la acidez libre. La TA se expresa como mg KOH/gramo de arcilla en un extracto de agua caliente.

Tabla 1.- Características críticas de las tierras de blanqueo ácido-activadas

Acidez total (acidez titulable)
pH (acidez libre)
Humedad
Densidad aparente
Area superficial efectiva
Retención de aceite

Con una acidez titulable de 4.8 el blanqueo es óptimo en términos de color y PV si las demás condiciones (temperatura, tiempo de residencia, buen filtrado) se cumplen.

El segundo factor crítico en la selección de tierras es el contenido de humedad. Este debe ser de por lo menos un 10% o mayor. La tierra con un contenido de agua menor es mucho menos efectiva. El contacto inicial de la tierra y el aceite debe ser a temperatura mucho menor que el punto de ebullición del agua y después del mezclado, la temperatura debe elevarse por encima del punto de ebullición del agua.

La adición de tierra al aceite caliente disminuye su capacidad adsorbente, ya que la humedad en la tierra se evapora demasiado rápido, lo que provoca un colapso en la estructura de la red cristalina de la tierra, lo cual a su vez, reduce su área superficial efectiva antes de que la tierra haya tenido oportunidad de cumplir su objetivo. Bajo

condiciones de blanqueo atmosférico, la tierra debe agregarse al aceite refinado a 80 °C, elevar la temperatura rápidamente a 100 - 110 °C, y mantenerla así el tiempo suficiente para que la humedad se elimine y se logre el máximo efecto de blanqueo. No es necesario sobrepasar esta temperatura máxima. El tiempo no es tan crucial como la temperatura. Por lo general, basta un tiempo de contacto de 15-20 minutos para que ya no haya humedad y termine la reacción. Las prácticas moderadas sugieren se cuente con equipos disponibles para filtrar el aceite después de este tiempo de contacto mínimo. La humedad que queda en los aceites no secados coadyuva a incrementar el efecto de acidez de la arcilla. Deberá haber suficiente agitación en el recipiente de blanqueo para lograr un buen contacto de la tierra con el aceite sin la incorporación de aire. El blanqueo al vacío, sea por lote o continuo, es hasta cierto punto más efectivo que el atmosférico. Se puede utilizar menos tierra, cantidad no calidad, operar a menores temperaturas máximas y minimizar la oxidación al reducir la exposición al aire y permitir que el aceite se enfríe antes de regresarlo a sus condiciones atmosféricas. Aunque se prefieren las prácticas de blanqueo al vacío, el blanqueo atmosférico puede y de hecho produce aceites blanqueados de alta calidad. En el proceso del blanqueo de palma que nos ocupa se trabaja con vacío, alrededor 400 mmHg en el tanque decolorador.

Es muy 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. El blanqueo tradicionalmente involucra sólo (y esto es más que suficiente en muchos casos) adición de tierra de blanqueo, luego se empezó a agregar de manera dual sílice y tierra decolorante en forma conjunta, su versión optimizada es la adición secuencial de ambos productos con un tiempo de intervalo entre uno y otro, favoreciendo la adsorción de jabones, fosfátidos y pro-oxidantes metálicos en la sílice dejando libre de éstos a la tierra decolorante que absorberá a los pigmentos. La presencia de 0,2-0,4 % de agua, hidrata los jabones que en estas condiciones son polarizados y se asocian a los fosfátidos. En el proceso de blanqueo, éstos son retenidos por la sílice, sin peligro de desorción, y la humedad residual es eliminada quedando sólo los pigmentos que serán adsorbidos por la tierra decolorante.

El blanqueo de aceites tradicional (sin sílice y/o ácido cítrico o fosfórico) se entiende bien en la siguiente figura:

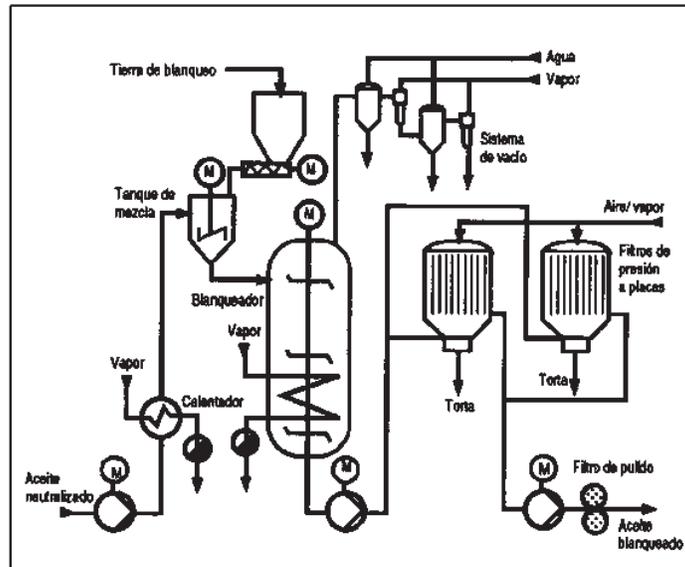


Figura 5.- Proceso de blanqueo continuo sin tierra sílica.

En el proceso que nos ocupa, el sistema de blanqueo es totalmente continuo como el de la figura 5, aunque existen en uso varias versiones de procesos de blanqueo. En las plantas más modernas estas instalaciones están hechas para operaciones continuas o semi-continuas. Pocas plantas modernas operan con procesos por batch. De la discusión sobre los fundamentos del blanqueo, se deduce que los procesos por batch pueden tener serios inconvenientes, especialmente en lo concerniente al tiempo requerido para calentar el aceite, y en relación al tiempo de contacto del aceite/tierra. Ambos suelen ser excesivos y en consecuencia permiten que reacciones secundarias indeseables tengan lugar en gran escala. Un ejemplo de un proceso moderno de blanqueo continuo se muestra en la figura 5. Este sirve principalmente para describir en detalle la práctica de blanqueo moderna y para destacar los aspectos importantes desarrollados en comentarios anteriores. El aceite al ser blanqueado es calentado a la temperatura de blanqueo, comenzando desde 80 y llegando a 95-110 °C, se agrega el adsorbente y es humectado por el aceite para la dispersión, la mezcla resultante es desaireada, y la humedad es eliminada. Los niveles usuales de adsorción oscilan entre 0,25-3 % de tierra de blanqueo activada con ácido, ó 0,1-0,5 % de carbón o sílice para toda la gama de aceites que se usan en la industria, desde el de palma hasta el de algodón, soya, girasol, etc. A menudo se emplean dos sistemas de alimentación de polvo (tolva o manual) los cuales emplean más de un adsorbente, o una ayuda filtrante junto con un adsorbente. El empleo de la ayuda filtrante puede ser como una precapa de filtro, o en un porcentaje de aproximadamente 10 % de la tierra empleada. Si se va a proporcionar un pretratamiento ácido o "seco", anterior al agregado de tierra de blanqueo, el ácido es dosificado en la corriente de aceite calentado y es dispersado en forma uniforme por un dispositivo de mezcla. Luego se permite el tiempo de contacto en un reactor de mezclado como lo indica la figura 5.

En el proceso de blanqueo de palma en AAK México se trabaja con un mezclador de aceite/ácido fosfórico con el cual se genera una gran área de superficie interfasial para el contacto ácido/aceite. Esto evita el empleo de un reactor de agitación, para algunos aceites pero no en el caso de la palma, para el cual sigue siendo necesario; ahorra ácido y facilita los cambios de stock. El tiempo de permanencia promedio en la sección principal de blanqueo del proceso, la cual en este ejemplo está equipada con un agitador, es de aproximadamente 3-30 minutos. Esta sección de tiempo de permanencia

puede estar bajo vacío de 50-150 Torr con secado continuo, o puede estar en dos etapas con la segunda bajo presión en algunos procesos. A menudo para la agitación se inyecta vapor, para evitar el empleo de agitadores mecánicos. El contenido de humedad en la mezcla aceite/tierra con posterioridad al secado debe ser aproximadamente de 0,1 % de acuerdo a varios autores. También se citan excepciones en la literatura específica con relación a la adsorción de fosfátidos, metales, y clorofila, como se mencionó anteriormente. El efecto de la humedad sobre la adsorción es probablemente bastante complejo. Su manipulación puede en algunos casos producir ahorros significativos en el blanqueo.

Los filtros son generalmente del tipo tanque, horizontal o vertical, pero los filtros de prensa todavía se emplean. Mantener el adsorbente en suspensión uniforme en los filtros es importante y se dice que se logra más fácilmente en un tanque de filtro vertical que en un tanque de tipo horizontal. El tiempo de permanencia promedio en un tanque de filtro es de aproximadamente 15 minutos y sólo unos pocos minutos en un filtro de prensas. Dependiendo del tamaño de la sección principal de blanqueo y del tipo de filtro empleado, el promedio del tiempo de contacto total aceite/tierra puede ser superior a 10-20 minutos, el cual parece ser el mejor compromiso entre la adsorción máxima y la supresión de reacciones secundarias.

Una porción importante de la adsorción total que tiene lugar en el blanqueo, ocurre durante la filtración. El aceite que pasa a través de la torta del filtro, la cual está recogiendo continuamente en el medio donde se encuentra el filtro, está en contacto con una concentración muy alta de adsorbente. Este adsorbente todavía posee algunos lugares activos libres, los cuales representan una capacidad significativa para la adsorción posterior de compuestos polares presentes en el aceite que pasan a través de la torta del filtro. Esta adsorción es del tipo “lecho de filtración”, y es comúnmente conocida como el efecto “blanqueo por prensado”. Inicialmente las capas acumuladas de adsorbente son descargadas lentamente, pero el adsorbente nuevamente acumulado proporciona capacidad adsorbente adicional a través del ciclo de filtración. Esta adsorción ocurre bajo presión.

Las cualidades deseadas del proceso de blanqueo se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) Máxima eficiencia en la remoción de compuestos indeseables, es decir:
 - 1- mezclado suficiente para mantener al adsorbente suspendido en forma uniforme en el aceite.
 - 2- temperatura óptima para la adsorción.
 - 3- contenido de humedad óptimo del aceite/lechada de adsorbente.
 - 4- tiempo suficiente para que la adsorción tenga lugar.
- b) Supresión de reacciones indeseables, es decir:
 - 1- limitar la temperatura.
 - 2- limitar el ingreso de aire.
 - 3- limitar el tiempo.
- c) En pre-tratamiento ácido previo el agregado de tierra de blanqueo, asegurarse de lograr el menor tamaño posible de la gota de ácido para mejorar el contacto ácido/aceite. Esto facilita la remoción de metales y fosfátidos y además posibilita la remoción del exceso de ácido mediante la tierra.
- d) Lograr todo lo mencionado anteriormente con un mínimo de tiempo de contacto en el equipo para facilitar los cambios de stock.

Las tierras sílicas son adsorbentes eficientes de compuestos polares tales como jabones, fosfátidos y pro-oxidantes metálicos, reduciendo la formación de polienos conjugados y la pérdida de tocoferoles. La combinación de estos factores genera un aumento de la estabilidad oxidativa y por lo tanto una mejora de la vida útil de las grasas y aceites refinados. Operativamente podemos controlar el contacto del aceite con el aire. El cumplimiento de los restantes requisitos depende de la apropiada selección de los adsorbentes.

Sustancias adsorbidas en blanqueo:

Pigmentos:

- Carotenoides
- Clorofiloides

Otros

- Productos de oxidación primaria
- Productos de oxidación secundaria
- Fosfátidos
- Jabones
- Trazas metálicas
- Compuestos poliaromáticos

Los jabones, fosfátidos y trazas metálicas son adsorbidos por la sílice antes que la tierra decolorante tome contacto con el aceite, permitiendo una más efectiva remoción de los pigmentos ya que las tierras se desactivan en presencia de altos niveles de jabones y fosfátidos. Esto se observa en la siguiente figura.

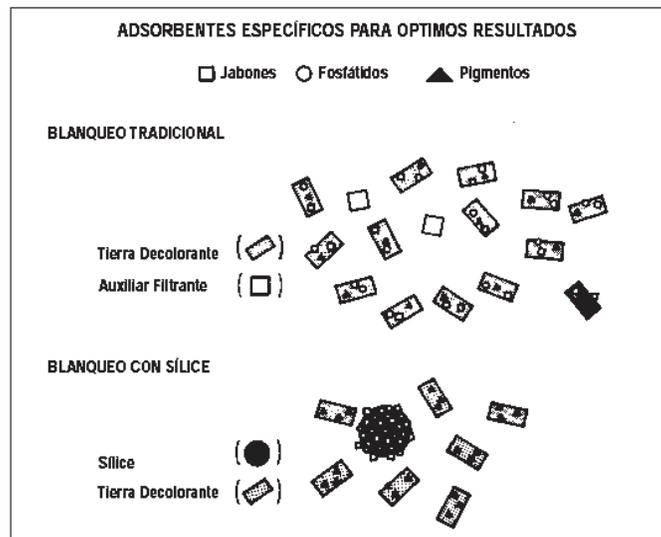


Figura 6.- Acción adsorbente del sílice y de la tierra de blanqueo.

Desodorización del aceite de palma

La desodorización de aceites vegetales tiene como objetivo la eliminación de las sustancias que confieren sabor y olores desagradables al aceite, apelando a una destilación por arrastre con vapor a una temperatura de 180-285°C y alto vacío. En el caso de la palma, la temperatura de desodorización es de 285°C y además de remover los compuestos que confieren mal olor y sabor también sirve para blanquear el producto ya que del blanqueo sale a 8R de color y del desodorizador sale a 2.5R.

En realidad, el término "desodorización", sólo involucra a las sustancias que confieren olor y sabor como ciertas cetonas, aldehídos, hidrocarburos no saturados, compuestos oxidados, etc. Y "destilación" hace referencia a los ácidos grasos libres y otros compuestos insípidos e inodoros, estables frente al calor como los esteroides y tocoferoles, aunque corrientemente se designe desodorización al conjunto sin diferenciar ambos términos. La desodorización en la práctica, consiste en la eliminación de los productos referidos anteriormente, por medio de una corriente de vapor de agua de baja presión (0.1 - 2kg/cm² kPa), con alto vacío (pr = 2-3 Torr) y alta temperatura (285°C para el caso de la palma), bajo estas condiciones los triglicéridos no son volátiles por tener baja presión de vapor, y las pérdidas de éstos se debe a problemas de hidrólisis y arrastre junto con los AGL y otros volátiles. Por lo tanto son condición esencial para una correcta operación los siguientes puntos:

- a) La temperatura debe ser suficientemente alta, para que la presión de vapor de las impurezas sea convenientemente alta.
- b) La presión absoluta en el desodorizador debe ser baja para permitir la ebullición de las trazas de impurezas desde la superficie expuesta.
- c) Es necesaria una agitación constante del aceite para exponer nuevas superficies a las bajas presiones reinantes.
- d) Adecuada velocidad y caudal de vapor de arrastre, y cuidadosa distribución del mismo.

No existen datos completos sobre todos los componentes que son eliminados, ni el valor de sus presiones parciales, lo cual se supone son bastante bajas, y los cálculos del vapor de arrastre se hacen en base a la cantidad de ácidos grasos libres presentes, como elemento predominante. Básicamente, cada desodorización comprende las siguientes etapas.

- 1- Secado y desgasificado
- 2- Calentamiento a la temperatura de trabajo
- 3- Desodorización
- 4- Enfriado
- 5- Evacuación

Los equipos de desodorización discontinuo (batch), son de simple diseño, fácil construcción, y pueden encontrarse de diferentes tipos: simple y doble etapa, el material usado en su construcción es el acero común al carbono, cuando la temperatura de operación es menor a 200 °C, para las más elevadas acero inoxidable calidad 304 ó 316. La capacidad puede variar entre 2 y 10 toneladas. En la figura 7 se observa un desodorizador discontinuo.

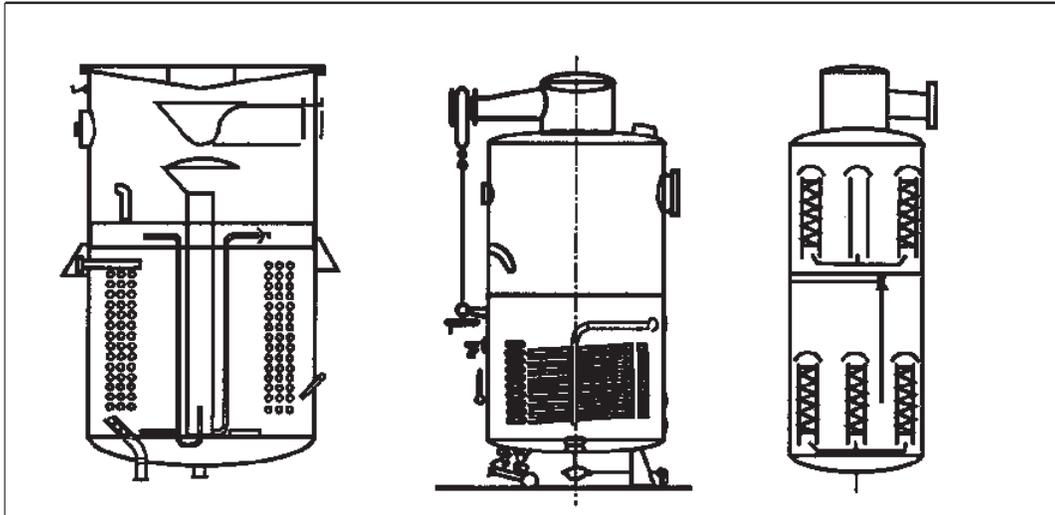


Figura 7.- Equipo de desodorización discontinua.

Para el cálculo del vapor de arrastre (carrier) se toman como base las dos leyes fundamentales:

La ley Raoult y la de Dalton, ellas son:

$$\text{Ley de Raoult } P_A = x_A \cdot P^{\circ}A(T) \quad (1)$$

$$\text{Ley de Dalton } P_A = y_A \cdot P_T \quad (2)$$

Siendo:

P_A = Presión parcial del componente volátil en la superficie de la solución, variable durante el proceso, dependiendo de la temperatura y composición de la mezcla.

x_A = Fracción molar del componente volátil en el líquido.

$P^{\circ}A(T)$ = Presión de vapor del componente volátil en el estado puro a la temperatura T.

y_A = Fracción molar del componente volátil en el vapor.

P_T = Presión total del sistema.

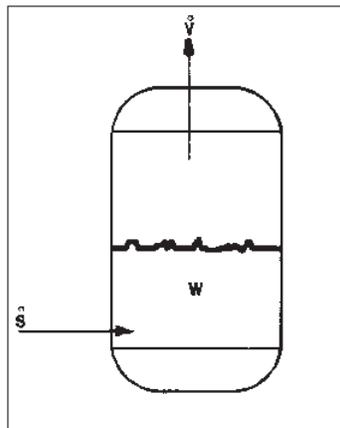


Figura 8.- Proceso de desodorización discontinua.

Proceso discontinuo.

Haciendo referencia a una desodorización discontinua o batch, se observa que el balance de materia en base molar de acuerdo a la figura 8 es:

$$\frac{dW}{dt} = \dot{S} - \dot{V} \quad (3)$$

La fase líquida se compone de triglicéridos, ácidos grasos libres, y demás componentes volátiles.

La fase vapor está constituida por: ácidos grasos libres, vapor de agua y componentes volátiles. Tomando como componente clave los ácidos grasos libres, representativo como el más volátil del aceite, en consecuencia se cumple, de acuerdo a la (1) y (2).

$$x_A \cdot P^\circ A (T) = y_A \cdot P_T \quad (4)$$

Válida únicamente para un sistema ideal, cuyo coeficiente de actividad $\gamma_A = 1$ en sistemas reales puede variar según el tipo de aceite con valores que oscilan entre 0,63 a 1,4 (O. L. Brekke), por lo que la ecuación (4) es:

$$x_A \cdot \gamma_A \cdot P^\circ A (T) = y_A \cdot P_T \quad (5)$$

Luego el balance para el componente (ácidos grasos libres):

$$\frac{d(W \cdot x_A)}{dt} = -\dot{V} \cdot y_A \equiv -\dot{V} \cdot \frac{x_A \cdot P^\circ A (T)}{P_T} \quad (6)$$

Siendo el triglicérido el constituyente que queda prácticamente inalterado, por lo tanto por hipótesis:

$$W \cong W \text{ (cte)} \quad (7)$$

De la (3) y (4) resulta:

Luego:

$$\left[\begin{array}{l} \dot{S} \cong \dot{V} \\ W \cdot \frac{dx_A}{dt} = -\dot{S} \cdot \frac{x_A P^\circ A (T)}{P_T} \end{array} \right. \quad (8)$$

$$- \int_{x_{A1}}^{x_{A2}} \frac{dx_A}{x_A} = \frac{P^\circ A (T)}{P_T \cdot W} \int_0^t \dot{S} \cdot dt \quad (9)$$

Simplificando:

$$\int_0^t \dot{S} \cdot dt = S$$

Siendo $S = \text{kg mol}$ de vapor consumido en la operación (vapor saturado o recalentado en equilibrio con T del sistema, según el caso), luego:

$$\ln \frac{x_{Ai}}{x_{Af}} = S \cdot \frac{P_A^*(T)}{P_T \cdot W} \quad (10)$$

De otro modo:

$$S = \frac{P_T \cdot W}{P_A^*(T) \cdot K} \ln \frac{x_{Ai}}{x_{Af}} \quad (11)$$

Se ha adicionado el factor K igual o menor que 1 ($K \leq 1$), para tener en cuenta el coeficiente de actividad y la eficiencia de la destilación, por lo tanto $K = \gamma_A$, su valor oscila entre 0,50 y 0,95, dependiendo de la bondad del equipo y tipo de aceite a procesar. Una definición adicional útil es la "Capacidad de desodorización" medida como la evacuación de los ácidos grasos libres, y que supone además la evaporación de todo el resto de volátiles indeseables.

En la misma base molar: kgmol de ácidos grasos, se puede definir:

$$A = W (x_{Ai} - x_{Af}) \quad (12)$$

Si se quiere expresar en base másica (kg de vapor y kg de ácidos grasos) que es lo usual en la práctica industrial, o sea:

$PMT = \text{Peso molecular del triglicérido}$

$PM = \text{Peso molecular del aceite}$

$PMA = \text{Peso molecular del ácido graso}$

$PMH_2O = \text{Peso molecular del vapor de agua}$

Donde:

$$x_A \cdot PM_A + x_T \cdot M_T \cong PM$$

siendo $x_A + x_T = 1$

Siendo w_A la relación de tanto por uno. Volviendo a las ecuaciones (11) y (12) resulta:

$$\frac{S}{A} = \frac{P_T}{P_A^*(T) \cdot K} \cdot \frac{1}{(x_{Ai} - x_{Af})} \ln \frac{x_{Ai}}{x_{Af}} \quad (14)$$

Siendo por la ecuación (13):

$$x_A = \frac{w_A \cdot PM}{PM_A}$$

$$(x_{Ai} - x_{Af}) = (w_{Ai} - w_{Af}) \cdot \frac{PM}{PM_A} \quad (15)$$

$$y \ln \frac{x_{Ai}}{x_{Af}} \approx \ln \frac{w_{Ai}}{w_{Af}} \quad (16)$$

La ecuación (16) supone que el peso molecular del aceite (PM) varía muy poco con la variación de x_A .

Además si:

$$\frac{S}{A} \cdot \frac{PM_{H_2O}}{PM_A} = \left[\frac{S}{A} \right]^r \quad (17)$$

Expresado en kg/kg

Reemplazando la (15) en la (14)

$$\frac{S}{A} = \frac{P_T}{P_A^*(T).K} \cdot \frac{PM_A}{PM} \cdot \frac{1}{(w_{Ai} - w_{Af})} \ln \frac{w_{Ai}}{w_{Af}}$$

por la (17):

$$\left[\frac{S}{A} \right]^r = \frac{P_T}{P_A^*(T).K} \cdot \frac{PM_{H_2O}}{PM} \cdot \frac{1}{(w_{Ai} - w_{Af})} \ln \frac{w_{Ai}}{w_{Af}} \quad (18)$$

Llamando Z a la relación de destilación alcanzada, que es siempre mayor a 1:

$$Z \Delta \frac{w_{Ai}}{w_{Af}} \quad (19)$$

Luego:

$$(w_{Ai} - w_{Af}) = w_{Af} (Z - 1)$$

Sustituyendo en la ecuación (18):

$$\left[\frac{S}{A} \right]' = \frac{P_T}{P_A(T).K} \cdot \frac{PM_{H_2O}}{PM.w_{Af}} \cdot \frac{1}{(Z-1)} \ln Z \quad (21)$$

Para el proceso continuo, la ecuación es la siguiente:

$$\left[\frac{\dot{S}}{\dot{A}} \right]' = \frac{P_T}{F_A(T).E} \cdot \frac{PM_{H_2O}}{PM.w_{As}} \cdot \frac{1}{Z} \quad (22)$$

Para comparar los consumos de vapor de la operación continua con la discontinua, sirve la siguiente ecuación:

$$\frac{S_{cont}^i}{S_{disc}^i} = \frac{E_d}{E_c} \cdot \frac{(Z-1)}{Z} \cdot \frac{1}{\ln Z} \quad (23)$$

Un comportamiento típico de estos dos procesos se ilustra en la figura 9:

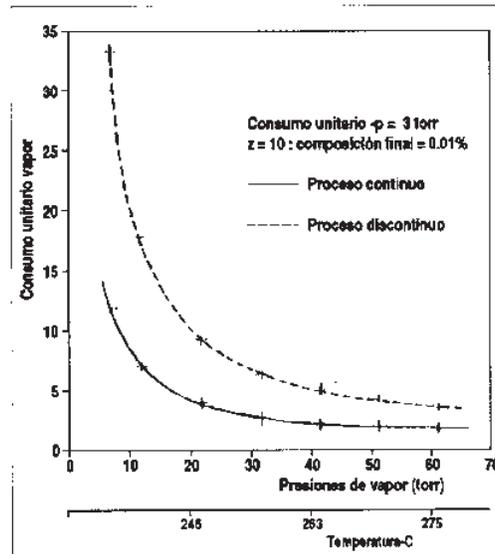


Figura 9.- Consumo unitario de vapor para una presión de 3 Torr.

Esto ayuda a la comprensión de la desodorización pero recordemos que el sistema del cual trata el presente trabajo es continuo.

Procesamiento continuo o semi-continuo

La desodorización semi-continua se caracteriza por el movimiento intermitente de una tanda relativamente pequeña de producto a través de etapas (bandejas) de calentamiento continuo, desodorización y enfriamiento en el sistema. A los sistemas semi-continuos generalmente se los asocia con el hecho de que los mismos son sencillos para el cambio

de materia prima y generalmente tienen el nivel de contaminación más bajo de un producto en otro.

El proceso totalmente continuo tiene la ventaja de una recuperación de hasta el 85% del calor a diferencia de un 50% en la operación semicontinua, una desventaja, por otro lado es que la cantidad residual de producto en un sistema continuo tradicional puede ser el doble de la de un sistema semi-continuo cuando se mantenga una interrupción de alimentación razonablemente corta. El proceso de película fina tiene la desventaja de tener más producto residual que el semi-continuo y el continuo, hasta un 7%, lo que lo hace un proceso deseable para refinerías con pocos cambios de materia prima; por otro lado este proceso tiene la gran ventaja de que consume hasta un 50% menos de vapor que el proceso continuo normal.

Las operaciones de desodorización y refinación física producirán pérdidas de sustancias, en exceso con relación a los materiales volátiles a ser eliminados, debido a un número de factores. El vapor de arrastre en contacto con el aceite, a la temperatura de desodorización causará hidrólisis en el aceite, por lo que el producto nunca tendrá un nivel de ácidos grasos libres igual a cero. El trabajo de Campo en el diseño del desodorizador muestra que cada kg de vapor de arrastre liberará la cantidad de ácidos grasos libres enumerados en la Tabla 2. Los ácidos grasos libres formados durante la hidrólisis serán eliminados del aceite conjuntamente con las otras sustancias volátiles. Así que, la hidrólisis estará acompañada de una pérdida de producto y por lo tanto deberá ser minimizada. La Tabla 2 muestra que, además del uso de vapor de arrastre, las pérdidas por hidrólisis dependerán del tipo de aceite y de la temperatura de proceso. En todos los casos, un incremento de temperatura acompaña un incremento de la hidrólisis. De manera tal que deberán ser evitadas las temperaturas excesivas. Además de la hidrólisis de los triglicéridos está la formación de mono - y di-glicéridos. Mientras éstos son menos volátiles que un ácido graso, son más volátiles que un triglicérido, y casi sin duda una proporción significativa de los monoglicéridos existentes, además de los que se forman por hidrólisis, finalizarán en el destilado. Igualmente los triglicéridos, aunque su presión de vapor sea muy baja, destilarán en algún grado porque ellos constituyen más del 99 % del material que se desodorizará. Si las temperaturas de desodorización son elevadas, y la presión absoluta es baja, cantidades apreciables de insaponificables serán destilados. Dependiendo de las condiciones, al menos el 15 % de los tocoferoles residuales, esteroides, y escualenos son removidos durante la desodorización.

Tabla 2.- Hidrólisis generada por el vapor en distintos tipos de aceite en función de la temperatura de desodorización.

Tipo de Aceite	Coeficiente de hidrólisis (kg ácidos grasos libres/kg vapor)		
	240 °C	250 °C	260 °C
Girasol	0,0167	0,0342	0,0355
Soja	0,0156	0,0270	0,0369
Canola	0,0158	0,0250	0,0425
Maíz	0,0236	0,0484	0,0666

Mantener una temperatura moderada en la etapa de desodorización es importante también para preservar los antioxidantes naturales de los aceites vegetales, como los tocoferoles y esteroides. Además de moderar la temperatura, también es necesario hacer lo propio con el tiempo de contacto, ya que a tiempos de contacto muy extensos (ejemplo; 2 hrs. A 240 °C) los ácidos grasos libres empiezan a ser modificados en su estructura y a ser polimerizados.

A 280 °C se deberá notar que después de dos horas a esta temperatura, las sustancias insaponificables mostrarán un incremento en vez de un decrecimiento, debido a la formación de hidrocarburos. En general, procesando a más de 260 °C y por más de 1 hora se incrementará el total de materia insaponificable en el aceite, debido a la formación de hidrocarburos, los cuales a 300 °C y por 2 horas, serán el 75 % de los insaponificables. La pérdida de tocoferoles a 240 °C varía desde el 10 % por 1/2 hora al 15 % por 2 horas, mientras que a 300 °C y por 2 horas, virtualmente se pierde todo. Por lo anterior, está claro que el factor de exposición, el cual es el efecto combinado de la temperatura y del tiempo de residencia, juega un papel importante en la calidad del producto desodorizado. Para preservar la integridad del aceite, la temperatura de exposición debe ser lo más baja posible. Tomemos en cuenta que los anteriores datos fueron tomados de un estudio hecho para el aceite de soya pero es sabido que los demás aceites vegetales muestran un comportamiento muy similar. La gran demanda que hay de palma obliga a trabajar a altas temperaturas el aceite de palma en AAK para poder dar el flujo requerido por la demanda, sin embargo, las pérdidas que ocasiona esto, vienen siendo financieramente sostenibles y el proceso en general, rentable.

Equipo de desodorización

La clave para la desodorización eficiente de las sustancias volátiles es proveer el área interfaseal entre el aceite y el vapor de arrastre, de tal manera que la fase de vapor esté debajo del punto de equilibrio con respecto a los componentes volátiles, y bajo condiciones que suministran la fuerza adecuada para arrastrar los volátiles en la fase de vapor, a través de la interface. El área interfaseal generada entre las fases de aceite y vapor es única para cada equipamiento, y determinará las diferencias de rendimiento entre un desodorizador y otro cuando ambos son operados a la misma temperatura y presión. Con el tipo de desodorizadores de contacto en burbuja, parecería que estos diseños fueron evolucionando hasta llegar a un máximo de posibilidades, siendo muy pequeñas las diferencias de rendimiento entre los distintos equipos que operan bajo este diseño. Otra clave para la eficiencia de la desodorización es proveer una gran constante de difusión, $k(v)$, para los componentes volátiles. Esto se cumple haciendo que la distancia de difusión desde la fase del aceite a la interface del vapor/aceite sea lo más

corta posible. La longitud de la difusión es inherente al diseño del equipo, y también considera las diferencias en el rendimiento del diseño de distintos equipos. Para un diseño de equipo determinado, los factores que proveen las fuerzas de arrastre para la transferencia de masa de los volátiles a la fase de vapor son:

- Temperatura de operación
- Presión de operación

La temperatura de operación es relativamente fácil de controlar o alcanzar. En teoría, a elevadas temperaturas, se desodorizará más rápido. Hay límites económicos con respecto al costo, operando a elevada temperatura, y hay preguntas más importantes como ¿qué pasa con el aceite a muy altas temperaturas? y ¿qué pasa con nosotros cuando ingerimos aceites tratados a altas temperaturas?

La práctica europea es generalmente usar bajas temperaturas, en un rango aproximado de 400-450 °F (202-232 °C), mientras que los procesos de Estados Unidos generalmente trabajan en un rango de 460-500 °F (238-260 °C). En Japón, son usadas altas temperaturas; siendo la normal de operación de 520 °F (270 °C). La presión de operación afecta la composición de los vapores en el punto de equilibrio y así se tiene un mayor efecto en la cantidad de vapor de arrastre requerido, para obtener la performance deseada en la desodorización. Los desodorizadores pueden ser clasificados de dos maneras: por el tipo de operación, por ejemplo, batch, semi continuo, continuo; o por el mecanismo usado para el contacto del aceite y vapor de arrastre. Todos los manuales de procesos de aceites o todas las referencias de los manuales usan el primer método. El segundo método, por el tipo de contacto aceite - vapor, se basa en dos clasificaciones: burbujas y peliculares.

Descripción del proceso

El desodorizador “Campro” aunque rudimentario es un muy similar a los procesos de desodorización usados en la planta de Aarhuskarlshamn México (AAK, México); consiste en una unidad continua operando a 3 mm Hg de presión absoluta y a una temperatura de hasta 250 °C. Este producirá un producto neutro con un residual de 0,03 % de ácidos grasos libres como valor máximo cuando proceda de aceites refinados o productos de hidrogenación correctamente preparados. Ácidos grasos libres, cuerpos odoríferos, responsables de aromas, mono glicéridos, esteroides, etc. serán destilados y las sustancias descompuestas serán precipitadas. Debido al muy corto tiempo de desodorización a elevadas temperaturas, las pérdidas por hidrólisis serán insignificantes. La isomerización *trans* y migración de uniones dobles también será insignificante. El desodorizador se compone de una carcasa de acero que contiene una bandeja rectangular de acero inoxidable. La carcasa es fabricada en dos secciones que se unen, a través de una conexión embridada. La sección más pequeña está en posición fija. Las cañerías de servicios y procesos entran a través de esta sección. La sección más larga se desliza sobre perfiles para dejar expuesto el desodorizador para mantenimiento y limpieza. No hay partes móviles ni en el desodorizador ni en la carcasa. Los tubos de vapor de borboteo pueden ser desconectados del desodorizador sin entrar al mismo. El desodorizador contiene cuatro secciones. Desde la zona fija, ellas son la sección de calefacción (H), la de desodorización (D), la de recuperación de calor (X) y la de enfriamiento con agua (C). La sección de desodorización está compuesta por una serie de etapas únicas de destilación en capa delgada. La alimentación de aceite refinado

y blanqueado es bombeado por la bomba de abastecimiento a través del precalentador al desgasificador. En el desgasificador, el aceite, a 90 °C, es desaereado y secado al vacío. El aceite desgasificado es transferido por la bomba de alimentación al desodorizador, a través de las serpentinas de los paneles de recuperación de calor, donde se recuperará el calor del producto desodorizado, e ingresa a la sección de calentamiento. El aceite es calentado a la temperatura de desodorización mediante los paneles de calefacción. Las serpentinas de vapor de alta presión circundan a los paneles de calefacción y el aceite es agitado mediante un pequeño flujo de vapor vivo para mejorar el rendimiento de la transferencia del calor. El aceite caliente rebalsa de la sección de calentamiento y es impulsado por las distintas etapas de desodorización a través del vapor de borboteo. La última etapa de borboteo vierte el aceite en las secciones de intercambio y enfriamiento. Aquí recorre, primero, alrededor de los platos de intercambio donde el aceite entrante circula por las serpentinas y, luego, la sección de enfriamiento donde circula agua por la serpentina y es enfriado a 110 °C. Por último, es vertido desde la sección de enfriamiento al tanque de descarga que está fuera del desodorizador. El tiempo de retención del aceite en el desodorizador durante una operación normal es, aproximadamente, de 30 minutos. El aceite pasa a través de las etapas de destilación en, aproximadamente, 4 minutos. En las secciones de calefacción y enfriamiento el aceite es retenido al nivel deseado mediante vertederos especiales de rebalse. El aceite que abandona el desodorizador fluye por gravedad hacia el tanque de descarga, donde podrá ser agregado ácido cítrico u otros antioxidantes y, entonces, será transferido por la bomba del tanque de descarga a través de un intercambiador de calor para precalentar la alimentación al desgasificador, luego, a través del enfriador final donde es enfriado a 40 °C y finalmente mediante los filtros de pulido al almacenaje.

Los ácidos grasos que son destilados del aceite son enfriados y condensados en un sistema de recuperación de destilado para minimizar la contaminación del agua de enfriamiento y a su vez prevenir problemas, debido a las sustancias grasas en la planta de tratamiento de efluentes. El vacío puede ser suministrado al desodorizador mediante un sistema de 4 eyectores de vapor, con un sistema de condensación o la combinación de eyectores de vapor y bombas de vacío de anillo de agua.

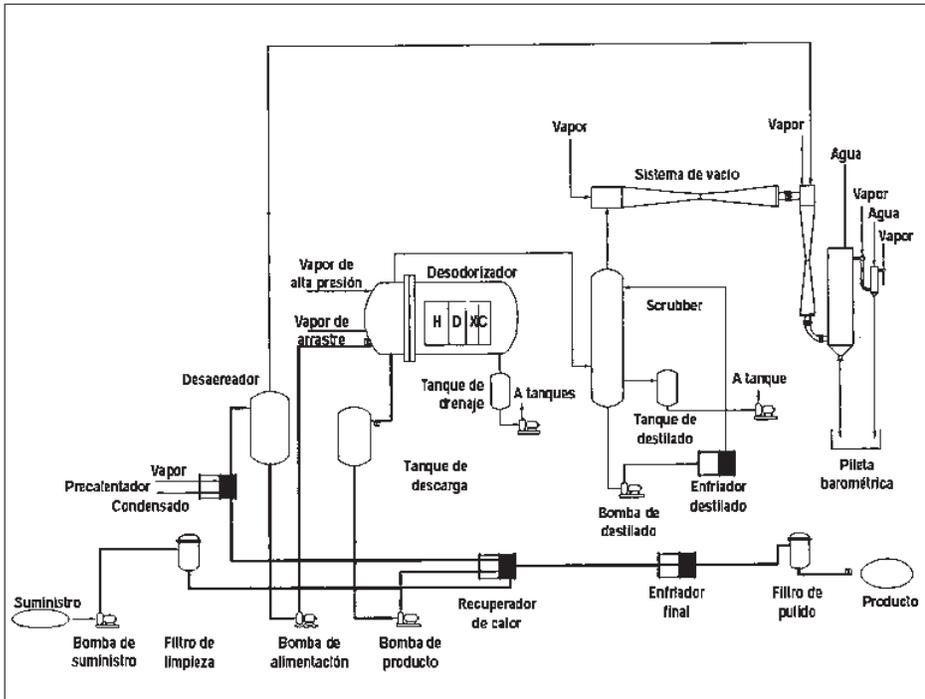


Figura 10.- Proceso de desodorización.

Los aceites comestibles contienen antes de la desodorización o a la refinación física, glicéridos, materia insaponificable, cuerpos odoríferos que le imparten sabor, y ácidos grasos libres. Los destilados del proceso de desodorización son el material resultante de dicho proceso o de la refinación física cuando los aceites son sometidos a los pasos finales del procesamiento para producir aceites con sabor y olor aceptables. No es un producto que se elabora intencionalmente, tampoco es el resultado de un proceso diseñado para producirlo. Es el subproducto necesario de la última etapa del procesamiento de los aceites comestibles.

La temperatura es el factor principal en la desodorización. Un cambio de 240 a 260 °C duplica la presión de vapor del tocoferol. Al mismo tiempo el volumen de 1 kg de vapor es mayor a una presión constante, de manera tal que se requiere menor cantidad de vapor. Las variables restantes se ubican una vez que se fijó la temperatura. La presión es lo suficientemente baja para obtener un buen volumen del vapor. La importancia de mantener una presión constante se puede observar porque un cambio de 3 a 4 mm Hg requerirá un 33 % más de vapor para realizar el mismo trabajo. El tiempo y el porcentaje de vapor a una temperatura determinada están relacionados. Se requiere un tiempo más corto a una temperatura mayor para evitar reacciones tales como la hidrólisis del aceite, la cual produce más ácidos grasos, y otras reacciones adversas producidas por las temperaturas altas.

III.- Descripción del proyecto, actividades y aportaciones realizadas

El proceso del refinamiento (blanqueo y desodorización) del aceite crudo de palma en AAK hasta hace poco se realizaba sólo con ácido fosfórico y tierra de blanqueo activada con ácido, las pruebas que se realizaron y sobre las cuales trata el presente trabajo se enfocaron en analizar la plausibilidad de incorporar la tierra sílica al proceso con el objeto de aumentar calidad en el producto y reducir costos de tierras de blanqueo y de manejo de tierras gastadas al reducir la cantidad de tierra requerida agregando sólo un 0.15% de tierra sílica en una parte estratégica del flujo del aceite en el proceso. Para esto fue necesario (con anticipación, desde luego) incorporar al equipo una tolva de tierra nueva para con ella dosificar la mencionada tierra y un tanque para su mezclado (independiente del tanque de mezclado con la tierra de blanqueo).

Una de las aportaciones realizadas fue proponer y cooperar en la realización de pruebas a nivel laboratorio que ayudaron a definir con exactitud la cantidad de ácido fosfórico agregado, para dar con el dato de 800 ppm, era la que causaba una máxima reducción en color y fósforo del aceite blanqueado sin incurrir en gasto excesivo de ácido fosfórico.

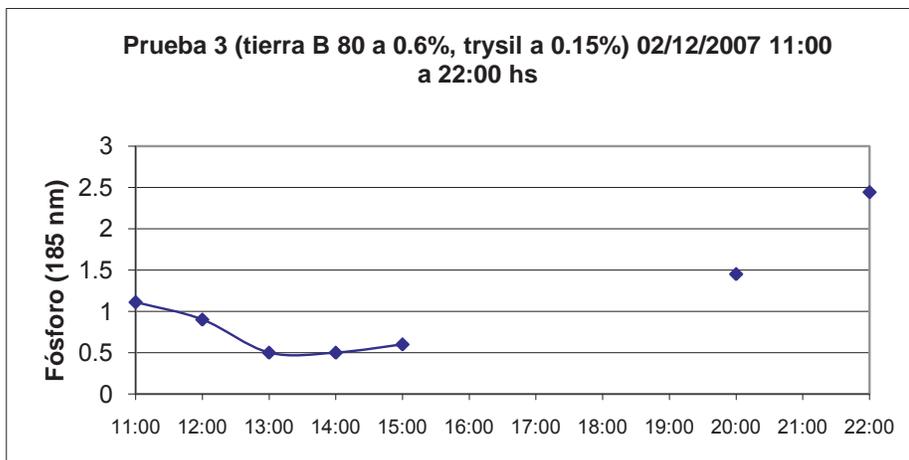
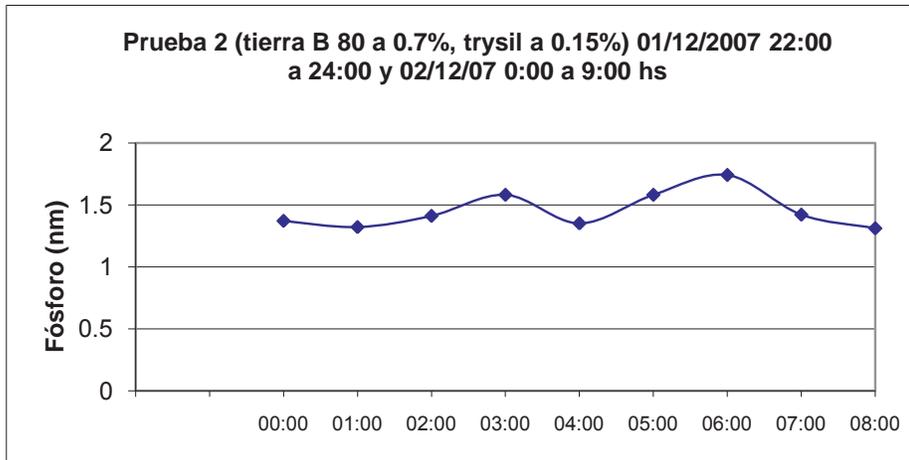
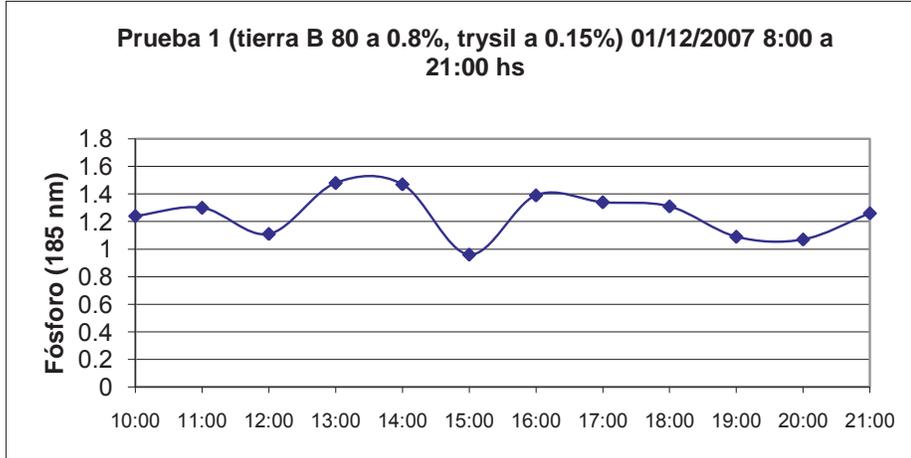
Sabemos que el aceite crudo de palma entra al proceso y se calienta a 80°C y pasa a un mezclador aceite/ácido fosfórico, en el cual se le agregan 800 ppm de ácido fosfórico para luego pasar 10 min aproximadamente de reacción en un tanque, después de esto el aceite anteriormente se iba directo al tanque de lodos a contactarse con la tierra de blanqueo pero aquí es donde se modificó el proceso y se le agrega el 0.15% de tierra sílica y se le deja reaccionar con la misma en un tanque adicional llamado tanque de sílica, la tierra sílica es marca trysil® y es usada ampliamente en la industria aceitera para luego pasar a la etapa de blanqueo con tierra activada como ya se ha mencionado.

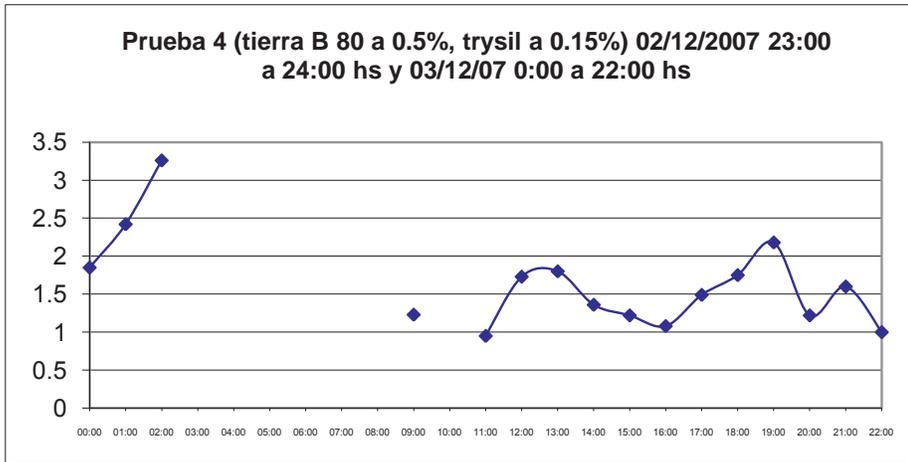
Había una complicación mecánica para la mezcla del trysil® con el aceite, la tubería por la que salía del gusano y por la que luego caía hacia el tanque de mezclado, se tapaba constantemente. Se desarmó el equipo descubriendo que el mismo trysil® estaba formando cúmulos al encontrarse con la humedad que emergía del tanque de reacción con la sílica, por lo que se mandó instalar una línea de aire que constantemente soplara hacia el tanque para así mantener la presión más alta del lado del gusano dosificador y evitar que el vapor llegara y formara cúmulos de trysil®.

La tierra sílica fue incorporada con éxito al proceso de refinación de aceite crudo de palma en el área de blanqueo y desodorización. Para lograr el fósforo menor de 2 ppm. Con el proceso anterior sin tierra sílice, el gasto de tierra llegaba a ser del 2%, lo cual representaba un gasto enorme de tierra y generaba muchos problemas operativos en lo referente a la limpieza continua de los filtros (se saturaban muy rápidamente) a veces originando tiempos muertos ya que, al no tener un filtro limpio disponible, se tenía que parar el flujo del proceso. También originaba costos excesivos de manejo de la tierra gastada (la que se limpia de los filtros una vez que estos se saturan).

IV.- Resultados

La prueba se hizo en cuatro etapas, la primera con 0.8% de tierra de blanqueo y 0.15% de trisyl®, los resultados resumidos, fueron los siguientes:





Como se observa en las gráficas el comportamiento del valor de fósforo fue haciéndose más inestable conforme la cantidad de tierra de blanqueo B-80 se disminuyó, sin embargo, la mayor cantidad del tiempo el valor de fósforo fue aceptable y el ahorro de la tierra fue considerable. Por lo que el proceso fue modificado permanentemente adoptando la adición del trisyl® como parte sustancial del mismo, los ahorros en tierra de blanqueo, en manejo/desecho de la tierra usada y la reducción de la pérdida de aceite en la tierra gastada han sido considerablemente beneficiosos desde entonces además de reducir también en buena medida los paros no programados, o sea, los tiempos muertos del equipo, ahora no sucede que se tenga que parar por filtros sucios a menos que haya problemas de otra índole, como humedad en el producto.

V.- Conclusiones

Estableciendo la cantidad óptima de ácido fosfórico adicionado a nivel laboratorio y habiendo solucionado el problema del taponamiento de líneas por el aglutinamiento de trysil® en las mismas; las pruebas se realizaron de manera fluida para obtener las siguientes conclusiones.

Los resultados son puntuales y contundentes; el porcentaje de tierra de blanqueo agregada se redujo de un 1.5 – 2% a un 0.5 – 1%, la fluctuación se debe a la variable calidad de la palma cruda que entra a proceso y también a la de la tierra de blanqueo y la propia de tierra trysil® también. El ahorro de tierra es más claro si se pone en cantidades reales; anteriormente se usaban en promedio 346.5 kg de tierra de blanqueo por hora, mientras que ahora en promedio se usan 148.5 kg por hora, a parte del obvio ahorro de tierra, esto redujo el tiempo de saturación de los filtros de 1.5 hs a 4.5 hs en promedio, dando más tiempo para limpiar el filtro relevo y no tener tiempos muertos en el proceso. Como se mencionó, el manejo de la tierra gastada también es costoso y contaminante, este se redujo casi en la misma proporción, a un 45% de lo que se gastaba inicialmente, antes de la incorporación de la tierra sílica al proceso.

VI.- Bibliografía

¹ Varios Autores (2000), “A & G, recopilación de artículos técnicos”, Asociación Argentina de Grasas y Aceites