

OBTENCION DE LA MANTECA VEGETAL A PARTIR DE LA SEMILLA DE ALGODON

Por **HERNANDO ARELLANO ANGEL**
JAVIER SUAREZ PANESSO
NICOLAS DE ZUBIRIA GOMEZ

(Trabajo de Tesis presentado por sus autores para optar el título de Ingenieros Químicos de la Universidad Pontificia Bolivariana).

PARAGRAFO -II-

METODO EMPLEADO EN LA NEUTRALIZACION

Ya hemos anotado todos los métodos de neutralización de aceites. Para aceites con fines comestibles, los dos únicos procesos de que hace uso la industria y los únicos aceptables son: el de NaOH y el de Na_2CO_3 .

NEUTRALIZACION CON SODA CAUSTICA

La neutralización con NaOH puede efectuarse en dos formas:

- a) forma continua.
- b) forma discontinua.

Neutralización Discontinua:

Proceso de la cuba: En general el método consiste en agregar al aceite una cantidad de solución de soda cáustica suficiente para combinarse con los ácidos grasos libres y un pequeño exceso y formar

NOTA: Debido a la extensión del trabajo presentamos solamente los métodos industriales que se siguen durante el proceso, una vez obtenido el aceite, habiendo omitido las partes relativas a la teoría y cálculo de maquinaria, así como los aspectos económico y administrativo. Por dificultades técnicas hemos prescindido también de algunos de los numerosos gráficos que contiene el trabajo.

jabón. El último se separa del aceite y en la precipitación arrastra mucha materia extraña, dejando el aceite de un color considerablemente claro y substancialmente libre de ácidos grasos. El jabón lleva también cierta cantidad de aceite no saponificado, y esta mezcla de aceite, jabón, materia colorante e impurezas es llamada "jabón obscuro" (soapstock). Este se asienta en el fondo de la cuba de neutralización, y es sacado y empleado en manufactura de jabones o ácidos grasos. La práctica reciente aconseja centrifugación para la separación del aceite y el jabón obscuro. Este paso hace recobrar el 60% del aceite no saponificado contenido en el jabón obscuro. La cuba de neutralización se equipa con un agitador mecánico o un serpentín a través del cual se lleva aire comprimido hasta el fondo de la cuba. Es necesario agitar el aceite vigorosamente cuando se echa el álcali, siendo materia de gran importancia su perfecta distribución en el aceite. Se usan generalmente cubas equipadas con agitadores mecánicos. La cantidad de soda agregada al aceite es dependiente del contenido de ácidos grasos libres, y siempre se debe hacer un análisis para calcular la cantidad de álcali (Control de Laboratorio). La concentración de NaOH varía entre 16 y 24°Bé. Mientras menor el grado del aceite, más fuerte la solución del álcali. Este método de agregar una lejía relativamente fuerte se llama método discontinuo seco. El jabón obscuro obtenido de este método se recobra en una forma sólida o semi-sólida. Se distingue del método discontinuo mojado, en que el jabón obscuro se lava en el fondo de la cuba con cantidades considerables de agua, y sacado en forma líquida. El método seco tiene la ventaja de ser rápido y conveniente, y de producir un jabón obscuro concentrado. Este método se adapta particularmente a la neutralización de aceite de semilla de algodón, que en la mayoría de los casos produce un jabón obscuro firme, libre de cualquier cantidad considerable de aceite ocluido.

Durante el período de adición de álcali, se debe mantener una temperatura inicial de 70 a 75°F. Como la cuba de neutralización está provista de serpentines de vapor, éstos deben ser usados, cuando sea necesario, para propósitos de enfriamiento. Entonces la solución cáustica se agrega con agitación vigorosa, la cual debe continuarse por media hora antes de aplicar el vapor. Unos pocos minutos después de la introducción del NaOH, empieza a cambiar la apariencia del aceite. El aceite se vuelve más fluido, y pasa a café o negro en el curso de 15 a 20 minutos. Cuando sacada una muestra (Control de Laboratorio), ésta da un color claro brillante de aceite que contiene un sedimento negruzco, el aceite ha alcanzado el estado de "rompimiento", que es una indicación de que se ha agregado suficiente cantidad de soda cáustica. Entonces se inyecta vapor en los serpentines, y el aceite, sufriendo lenta agitación, es calentado a una temperatura de 120°F. El floc se junta y deposita fácilmente. Cuando se neutraliza un buen grado de aceite de semilla de algodón, la temperatura no debe exceder de 120°F. durante esta operación final, pero con malos grados de aceites es a veces necesario subir hasta 140°F. El tiempo para la operación descrita es entre 45 y 60 minutos. Después de la deposición, el aceite claro puede conducirse directamente a un tanque de al-

macenamamiento. De este último es bombeado al tanque de blanqueo. En ciertos casos, el aceite debe lavarse, y las últimas trazas de álcali quitadas con agua. Si se usa lejía muy diluida, no se separa el jabón en grumos, sino que queda disuelto, siendo más expuesto el aceite a la formación de emulsiones y a exigir más frecuentes lociones. Con el empleo de grandes concentraciones, se corre el peligro de producir la saponificación y pérdidas consiguientes. Para destruir las emulsiones se recomienda la adición de sal común (Na Cl).

Neutralización continua:

Proceso de Clayton: En el proceso continuo de neutralización se tienen grandes ventajas, obtenidas por la introducción de centrifugas.

El método continuo tiene la doble ventaja de reducir enormemente el tiempo de contacto entre aceite y álcali, y de efectuar una separación eficiente de aceite y jabón. Consecuentemente, este procedimiento reduce a un mínimo la pérdida de aceite neutral por saponificación u oclusión en el jabón obscuro, y al mismo tiempo produce un aceite neutralizado de tan buen grado como el obtenido por métodos discontinuos.

A pesar de que la neutralización con centrifugación fue propuesta en 1923 por Hapgood y Mayno a la Compañía De Laval Separator, no se desarrollaron sistemas exitosos de neutralización continua hasta 10 años después, como resultado de los trabajos de E. M. James, y de B. Clayton y B. H. Thurman y asociados. La siguiente es la descripción de las partes esenciales del método y equipo.

Se hacen llegar corrientes continuas de aceite y lejía a cilindros opuestos de una bomba proporcionadora duplex. El cilindro de lejía es ajustable en volumen para diferentes porcentajes de lejía, y provisto de un indicador para mostrar su ajustamiento en cualquier momento. El aceite y la lejía se descargan a una serie de 2 o 3 mezcladores que consisten en pequeñas cámaras horizontales equipadas con paletas de hojas a altas revoluciones. Dentro de los mezcladores el aceite y la lejía son emulsificados. La emulsión pasa entonces a través de un intercambiador de calor aceite-agua caliente, donde se rompe por calentamiento rápido a 140°F. La separación del jabón obscuro y el aceite se lleva a cabo en centrifugas de alta velocidad, del tipo de cuenco-hueco, que son equipadas con un distribuidor especial y aspas para introducir la mezcla suavemente en el cuenco, sin emulsificación. La rata de flujo de aceite y jabón obscuro a la centrifuga es constante, pero por el uso de diques en forma de anillo de tamaño necesario, se obtiene una descarga que consiste de jabón por un lado y aceite que contiene una pequeña cantidad de jabón disuelto y suspendido y aceite entra a la bomba proporcionante hasta que se descarga de las agua, por el otro. No transcurren más de tres minutos desde que el centrifugas. El aceite neutralizado de la primera batería de centrifugas se lleva a un tanque, y del tanque se bombea continuamente a un segundo tanque equipado con agitador, donde se calienta, y mezcla con 10% de su peso en agua caliente.

La mezcla de aceite-agua, a una temperatura de 150-180°F., se pasa a una batería secundaria de centrifugas; el aceite lavado corre a un tanque colector, y la solución débil de jabón se descarga de las centrifugas a la cloaca. En muchas plantas, para efectuar una muy eficiente separación del jabón, la operación de lavado es repetida, a la misma o un poco más alta temperatura, y el agua de lavado y el aceite se separan en una segunda batería de centrifugas secundarias. Una instalación standard emplea 8 centrifugas primarias y 4 secundarias para cada operación de lavado. Tal planta tiene una capacidad de 60.000 libras de aceite cada 8 horas. Actualmente la neutralización se completa en 7 horas, y la otra hora se emplea en parar el funcionamiento de la planta y limpiar los cuencos de las centrifugas. Una capa de residuos altamente adherentes se forma dentro de los cuencos, y debe ser quitada periódicamente. Las centrifugas usadas para lavar el aceite, al igual de las centrifugas primarias, son de alta velocidad, del tipo de cuenco-hueco, a pesar de que también es posible usar máquinas de baja velocidad con cuenco de disco para esta operación. Centrifugas del último tipo no son convenientes para la operación primaria de aceite y jabón debido a la naturaleza gruesa y gomosa de los jabones e impurezas.

El aceite lavado contiene trazas de jabón y alrededor de 0.3 a 0.4% de agua. El aceite puede secarse introduciéndose desde un tanque alimentador, en un secador continuo a vacío. El secador contiene una serie de toberas rociadoras que descargan el aceite en una cámara evacuada equipada con obstáculos. La humedad se elimina en forma relámpago al chocar el aceite con los obstáculos, y la operación de secado se completa cuando el aceite corre sobre los obstáculos en su camino a una pata hidráulica, de la cual se bombea al almacenamiento. El aceite secado contiene menos humedad de la que es soluble en aceite a ordinarias temperaturas atmosféricas, esto es, menos del 0.12%. El aceite está suficientemente caliente cuando llega al secador, y por lo tanto no requiere calentamiento adicional. Una presión reducida de alrededor de 1 a 2 pulgadas se mantiene sobre el secador por medio de eyectores de vapor. El flujo del aceite a cada una de las toberas rociadoras está contralada individualmente por una válvula solenoide. La operación de las válvulas está coordinada con la alimentación de aceite para mantener una presión substancialmente constante sobre las toberas, sin tener en cuenta las variaciones en la rata de suministro de aceite.

El sistema continuo de Clayton es esencialmente similar al descrito aquí, pero está arreglado para proveer un poco de mayor flexibilidad en la operación, en tal forma que sea posible dar al aceite tratamientos sucesivos con lejías diferentes, y para deshidratar parcialmente el jabón obscuro, etc. Emplea equipo de tipos algo diferentes, incluyendo mezcladores del tipo chorro y proporcionómetros, y centrifugas diferentes e invenciones de calentamiento y secado.

Proceso Fash o del Mezclado - Neblina: En este proceso la extrema fineza de las partículas de jabón obscuro obtenidas cuando el aceite y la solución cáustica se mezclan en la forma de neblinas resulta

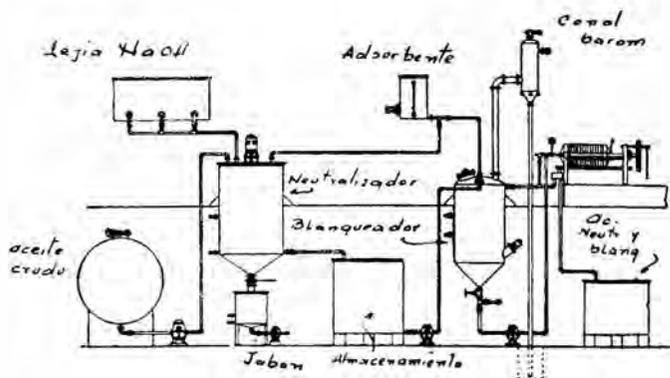
en la difusión de cáustico a la superficie de las partículas a una rápida rata. También, debido a la fineza de las partículas de jabón, el área superficial de estas partículas es enorme, resultando en una neutralización de mayor porción de cargas positivas sobre las partículas de color y materia coloidal en el aceite por las cargas negativas sobre el jabón formado por los ácidos libres. Entonces, este proceso difiere materialmente de aquellos procesos que usan mezclado líquido, donde la mayor reducción en el color ocurre durante el largo tiempo de mezclado en frío, tiempo en el cual las cargas negativas formadas por la saponificación del aceite neutralizan las cargas positivas sobre los suspensoides del aceite. El tiempo requerido para la mezcla aceite-cáustico es de 0.01 segundos. En el Clayton este tiempo es 10.000 veces más largo, o sea, alrededor de 1½ a 2 minutos.

El corto tiempo de mezclado en el proceso "neblina" requiere el uso de soluciones cáusticas más concentradas. La concentración varía con la clase y tipo de aceite, y la presencia o ausencia de otros agentes refinadores. Cuando se neutraliza un aceite de algodón de "lento rompimiento" (lecitina), se usa una concentración de 18% (23.9°Bé), mientras que cuando también se agrega silicato sódico, y en los casos de aceite de "rápido rompimiento" y re-neutralización, se usa una concentración de 26% (32.1°Bé). El tiempo que se requiere para que la mezcla de jabón y aceite fluya a través del lado calentado por la camisa de vapor del tanque que rodea el mezclador de neblina, durante el cual tiempo la mezcla se calienta y se obtiene el rompimiento, es de 5 segundos aproximadamente. Entonces el tiempo total de mezclado y calentamiento de la mezcla en orden de obtener aceite-jabón en una condición lista para centrifugación, es solamente 1/70 del tiempo requerido en el Clayton. El efecto de este corto tiempo de contacto es importante debido a que se disolverá una menor cantidad de materia coloidal eléctricamente neutra en el aceite. Esta reducción en el material coloidal disuelto en el aceite tiene dos efectos: uno sobre la cantidad de partículas de jabón que permanecen suspendidas en el aceite después de la centrifuga refinadora, y el otro sobre la calidad del aceite neutralizado. El aceite neutralizado descargado de las centrifugas de refinación en este proceso es claro cuando está caliente y se vuelve nublado cuando se enfría. El contenido de humedad es alrededor de 0.18% en el aceite, y el contenido de jabón en el mismo es de 0.02%. Este aceite puede tenerse listo para el uso por simple filtración a través de una prensa con tierra de fuller agotada (spent), o haciéndolo correr a través de una centrifuga clarificadora. Puesto que el jabón oscuro por este procedimiento está siempre mojado, no se disolverá nada de jabón en el aceite.

Debido al pequeño exceso de cáustico requerido y la alta concentración de cáustico usado, el jabón oscuro obtenido tiene un contenido total de ácido graso de 60 a 65%. Ya que el factor tiempo es tan pequeño, el aceite puede neutralizarse por el proceso "neblina" empezando a casi cualquier temperatura razonable. Se han neutralizado aceites empezando a 80°F. y a 160°F. El color del aceite neutralizado obtenido es bueno. Cuando los aceites son neutralizados por

procesos de mezclado líquido empezando a altas temperaturas, se obtienen aceites de color obscuro.

Se pueden usar con éxito mezclas NaOH y silicato de sodio en el proceso "neblina". La pérdida por neutralización es más reducida por el uso del silicato de sodio, y se obtiene aceite de buen color. La reducción en la pérdida por neutralización se debe a la acción del silicato de sodio al reducir la emulsión de agua-en-aceite en el jabón obscuro. El mecanismo de la acción del silicato de sodio al neutralizar aceites vegetales ha sido determinada de tal manera que su uso puede ser controlado. El uso de este reactivo en la neutralización continua está patentado.



Neutralización y Blanqueos Discontinuos

Re-Neutralización: En el tiempo presente se usan procesos de re-neutralización por mezcla líquida, en donde se usa una centrifuga para separar el aceite y el jabón obscuro. Se obtienen dos capas, resultante en la colección en el cuenco de la centrifuga de una capa de jabón entre una capa de agua cáustica contra la pared del cuenco, y el aceite neutralizado que se descarga. Usualmente esta capa de jabón se vuelve tan gruesa que el jabón se descarga con el aceite. En el proceso "neblina" sólo se usa un 0.2% de una solución cáustica de 26% (32.1°Bé).

Debido a esta pequeña cantidad de cáustico, el jabón obscuro tiene sólo una capa, de tal manera que es práctica una re-neutralización continua. La reducción del calor es mucho mayor que la que puede ser obtenida por mezclado líquido y la pérdida por neutralización es alrededor de 0.5% solamente. Debido al pequeño exceso de cáustico usado, y la rapidez en la neutralización, la pérdida por neutralización obtenida con el proceso "neblina" es menor que en el mezclado líquido, y el aceite neutralizado es más limpio con relación a jabón suspendido, y a materia coloidal disuelta.

En el proceso "neblina" el tiempo de mezclado es constante, la concentración de cáustico es constante para una particular clase o

tipo de aceite, el exceso de cáustico es constante para una particular clase o tipo, y el contenido de aceite en el jabón es gobernado por la cantidad y clase de fosfatos presentes en el aceite, y por el uso de silicato de sodio.

Parangón entre los procesos Clayton y de la cuba: En los procesos de la cuba y de Clayton el aceite y la solución cáustica se mezclan como líquidos. Todo lo que se ha hablado respecto a la neutralización en estado líquido se puede aplicar a estos procesos. Sin embargo, el más vigoroso y rápido mezclado en el proceso Clayton, así como el más rápido calentamiento, acentúa aspectos indeseables de la neutralización por mezclado líquido.

En el proceso Clayton, debido a la turbulencia en la operación de mezclado, y al tiempo requerido por la mezcla aceite-jabón para pasar a través de la cámara de mezclado y del intercambiador de calor, algo de materia coloidal eléctricamente neutra contenida en el jabón obscuro se disuelve en el aceite. Como ya se ha dicho, esta materia coloidal eléctricamente neutra estabiliza una emulsión de aceite-en-agua, en la cual el jabón obscuro constituye la fase agua. En la centrifuga que separa el aceite neutralizado del jabón, la masa de jabón se separa fácilmente del aceite. Sin embargo, más pequeñas piezas de jabón permanecen suspendidas en el aceite como una emulsión de aceite-en-agua. Este jabón tiene que ser removido por una o más lavadas con agua caliente, con centrifugación después de cada lavada para separar el agua. Después del lavado final y centrifugación, el aceite es aún saturado con agua, la cual se separa por secado al vacío. El jabón contenido en el agua evaporada del aceite se vuelve seco y entonces se disuelve en el aceite.

Debido al calentamiento relativamente rápido de la mezcla aceite-jabón en el proceso Clayton y la separación relativamente rápida del jabón del aceite comparado con el proceso de la cuba, la concentración cáustica en el jabón no es suficientemente reducida para permitir la fusión de las partículas de jabón, la cual sí es obtenida en el proceso de la cuba. Como resultados, el jabón obscuro de la centrifuga contiene considerable cáustico inconsumido y aceite ocluido por el jabón por razón de la no fusión de las partículas causada por este cáustico inconsumido. Este exceso de cáustico se consume gradualmente por la saponificación del aceite en el jabón obscuro, produciendo entonces una apariencia ficticia de eficiencia cuando sólo el contenido de aceite en el jabón es considerado. El método de calentar la mezcla aceite-jabón produce variaciones en el contenido aparente de aceite del jabón.

La presencia de considerable cáustico inconsumido en el jabón es debida al corto tiempo entre la adición del cáustico al aceite y cuando el aceite se calienta. En el proceso de la cuba el tiempo es cerca de 60 minutos, mientras que en el Clayton es de sólo 6 minutos. En el proceso Clayton original, usando serpentines cilíndricos para mezclar y calentar la mezcla aceite-jabón, ocurren rápidas diferencias en el color del aceite debido al hecho de que el proporcionómetro usado para alimentar el aceite y la solución cáustica inyecta la solu-

ción cáustica dentro de la corriente fluente del aceite en "slugs". Entonces el cáustico no se distribuye uniformemente a través del aceite, y en el paso a través de las bobinas esta no uniformidad persiste, resultando en variaciones en el color. Esta variación no ocurre cuando se usa el equipo del proceso James instalado por The Sharples Company. La mezcla no uniforme de aceite y solución cáustica del proporcionómetro se guarda uniforme en la cámara de mezclado de las instalaciones de The Sharples Company.

La diferencia química esencial entre el proceso de la cuba y el proceso Clayton es que en el proceso de la cuba la concentración del cáustico en el jabón es reducida en los 60 minutos, durante el mezclado y calentamiento, a un punto en que las partículas de jabón se fusionarán y separarán del aceite por sedimentación por gravedad durante la noche. En el proceso Clayton el mezclado y calentamiento que requiere sólo 6 minutos resulta en un jabón formado de partículas que no se fusionarán inmediatamente debido a la alta concentración del cáustico, y, por consiguiente, se aplica fuerza centrífuga para exprimir el aceite ocluido del jabón. En ambos casos, la emulsión de agua en aceite estabilizada por la lecitina es presente y en la misma cantidad. La reducción en las pérdidas de neutralización obtenida por el proceso Clayton comparado con el proceso de la cuba es debida a la reducción en el tiempo para mezclar y calentar la mezcla aceite-jabón para obtener el "rompimiento", reduciendo entonces el consumo de cáustico. No hay reducción en el aceite contenido en el jabón obscuro del proceso Clayton como una emulsión de agua-en-aceite, comparada con el jabón obtenido en el proceso de la cuba. Esta pérdida de aceite es inherente en la neutralización de aceites que contienen lecitina, y puede ser reducida sólo previniendo la formación de la emulsión.

NEUTRALIZACION CON CARBONATO DE SODIO

Proceso continuo de Clayton: Con el objeto de explicar este proceso, vamos a detallarlo como lo ponen en práctica en una de las fábricas de aceite comestible más importantes de EE. UU., la fábrica Mrs. Tucker's Foods, Incorporated, en Sherman, Texas.

Materia prima: El carbonato de sodio, o soda ash (Na_2CO_3), se recibe en sacos, y se disuelve en agua en un tanque de 4000 galones, agitado con aire, a una solución. La soda cáustica (NaOH), se recibe del grado de 72°Bé, y se agrega suficientemente agua durante el descargue para dar el menor punto de solidificación con fácil bombeo. Después se diluye esta solución con agua hasta llegar a una solución de 20°Bé, la cual se almacena en un tanque de 2000 galones agitado con aire.

El aceite crudo de semilla de algodón (o de soya), se bombea de tanques de almacenamiento (capacidad de 7×10^6 libras) a dos tanques de suministro de 140.000 libras de aceite crudo, equipados con agitadores movidos a motor y bobinas de vapor, y montados sobre platos de balanza. Las pérdidas por neutralización se determinan pesan-

do el aceite crudo que va al proceso y el aceite neutralizado. Primero el aceite se bombea a través de un colador a un medidor de flujo y de aquí a través del tubo lateral de un economizador de un paso y al tubo cobertor de un intercambiador de calor con vapor.

Debido a que el proceso de neutralización es continuo, es esencial un flujo continuo y medido con exactitud, de la materia prima que va a los neutralizadores o saponificadores y a las últimas operaciones. Con este objeto, las materias primas se alimentan a través de un aparato medidor que consiste de 4 bombas del tipo de pistón. La longitud de paso de émbolo sobre la bomba que llena el aceite crudo se guarda constante. Dos bombas sacan soda ash, una a los neutralizadores y una al mezclador de rehidratación, y una tercera saca soda cáustica al mezclador de re-neutralización. Estas tres bombas están reguladas para bombear una proporción fija por volumen de soda ash y soda cáustica en relación a la cantidad de aceite crudo, y la cantidad total de materias primas bombeadas a diferentes puntos en el proceso de neutralización puede variarse ajustando el flujo a través del aparato medidor como unidad, con las proporciones deseadas de materias primas unas con relación a otras mantenidas en todo momento.

Saponificación: La saponificación puede ser un término algo despistador en su aplicación a la neutralización con álcali, a pesar de que es generalmente usado. Actualmente, la separación de gomas en los aceites es probablemente tan importante como la separación de los ácidos grasos libres, y sólo en las plantas en donde el contenido de ácidos libres varía entre 2.5 y 5% es cuando la saponificación asume el mayor rol. El aceite de soya recibido en la planta de Mrs. Tucker contiene usualmente menos de 1% de ácidos grasos libres, y el de semilla de algodón alrededor de 1.25%. Por lo tanto, la planta tiene más que ver con separación de gomas.

El aceite crudo y la soda ash (3% en peso de aceite), se bombean a los mezcladores de neutralización. Estos mezcladores son tanques de acero suave de 63 galones, de 12 in. de diámetro y 6 ft. de alto; la agitación se lleva a cabo por agitadores del tipo de paletas, que dan vuelta entre hojas fijas. El calor se suministra por camisas de vapor, con presión de 150 lb/in². Los otros mezcladores usados en los siguientes puntos del proceso de neutralización tienen una construcción similar, y difieren sólo en las provisiones para el calentamiento. El aceite neutralizado y el jabón oscuro pasan entonces a una serie de intercambiadores de calor de tubos concéntricos, y de aquí a 210°F, pasan a un deshidratador, que es calentado por bobinas de vapor, y que está a un vacío de 29 in. de Hg. El condensado es descartado y el aceite deshidratado se bombea a 160°F. a los mezcladores de rehidratación con camisa de vapor. Bombas del tipo tornillo se usan más bien que centrifugación, debido a que operan más satisfactoriamente con un vacío sobre el lado de succión. El tratamiento deshidratación-rehidratación se lleva a cabo para separar los gases (CO₂, H₂O, etc.), y además para acondicionar el jabón oscuro para la separación más eficiente. La rehidratación se lleva a cabo agregando continuamente soda ash de 20°Bé en un 5 a 7% en peso, desde la

bomba medidora de alimentación, al aceite, cuando va a los mezcladores de rehidratación.

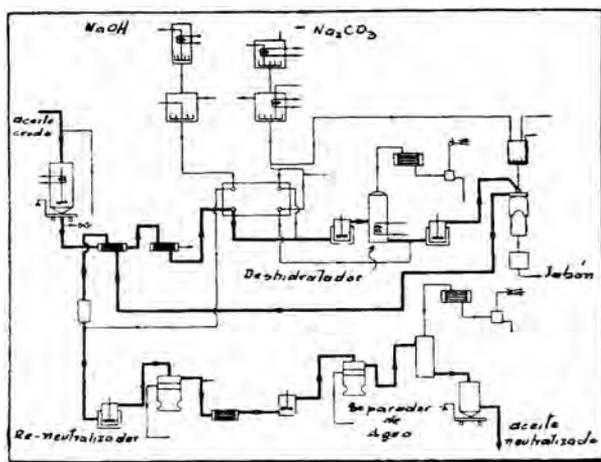
Después de la rehidratación el aceite se alimenta a los separadores primarios de jabón obscuro. La solución de soda ash (12ºBé), se alimenta desde un tanque de 1000 galones a las centrifugas sólo para iniciar la operación, y se corta después de que las condiciones de operación se han nivelado. Esto es un contraste al procedimiento usado en algunas plantas, donde la soda ash fluye a las centrifugas en todo momento. El jabón obscuro crudo gotea hacia abajo a través de caños al fondo de las centrifugas, y de ahí a un tanque de 12.900 libras, del cual puede ser vendido como tal, o subsecuentemente tratado por acidulación o concentración.

La capa de aceite, a 190 o 200ºF, sale del extremo superior de los separadores de jabón a través del cobertor del economizador, que lleva el aceite crudo original sobre el tubo del lado, y entonces a través de un enfriador de agua, en donde su temperatura se reduce a 90ºF antes de ir al re-neutralizador. Este enfriamiento es un requisito necesario al removimiento del color final.

La reneutralización es necesaria debido a que el aceite está aún obscuro, y podría dificultar el blanqueo si no se trata subsecuentemente, aun cuando su contenido en ácido graso libre haya sido reducido a 0.05%. Por consiguiente, se hace un tratamiento con soda cáustica similar al practicado en toda neutralización convencional con álcali, constituyendo la diferencia principal el hecho de que las resinas y otras materias indeseables ya se han quitado. La soda cáustica se introduce dentro de la línea de alimentación al re-neutralizador, de modo que se ponga en contacto con el aceite cuando aún éste está frío. En el neutralizador se lleva a cabo un calentamiento a 160-170ºF. La re-neutralización no es considerada un paso mayor en el proceso; ésta sólo quita una pequeña cantidad de material desde el punto de vista de cantidad, pero efectúa un aclaramiento significativo en el color.

El aceite calentado en el tratamiento cáustico se alimenta a otro grupo de centrifugas, los separadores de re-neutralización o de decoloración. La gravedad de la soda cáustica en el aceite es lo suficientemente alta para que en la centrifugación resulte en una mezcla estratificada que contiene una fase aceite, una fase jabón, y una fase de cáustico concentrado, haciendo dificultosa la separación debido a la ancha diferencia en la gravedad específica de las fases. Para obviar esta dificultad, las patentes de Clayton incluyen una técnica desarrollada por De Laval, que envuelve la adición de agua en cantidades variables al fondo del cuenco de la centrifuga. El agua agregada sube por los lados del cuenco del separador, diluyendo la acumulación de cáustico fuerte a una gravedad específica igual a la de la fase jabón. La fase jabón entonces sale del cuenco junto con el cáustico diluido, a través de la salida de la fase agua, y es descartada; el aceite decolorado sale por el caño de descarga de la fase aceite. La capa de aceite, descargada en la parte superior de los separadores a 160-170ºF, tiene aún un contenido de jabón de 1000 a 2000 p.p.m. (partes por millón), que debe ser quitada. Se agrega entonces agua caliente (16% de la alimentación de aceite), se mezcla bien, y

se calienta la mezcla a 190°F en un intercambiador de calor de tubo concéntrico. La separación final se lleva a cabo en otro grupo de 4 centrifugas (los separadores de agua de lavado). La fase jabón-agua de estas últimas centrifugas contiene alrededor de 2% de jabón, y es descartada. La capa de aceite que sale de los separadores de agua de lavado aún contiene algo de humedad. Ya a 190°F, se pulveriza en una cámara de vacío (29 in. de Hg) para quitar el agua, y se bombea a través de un enfriador de agua, donde se enfría a 150°F. Entonces se pasa en los tanques encima de platillos de balanza (2 tanques de 140.000 libras cada uno), y se bombea al almacenamiento. (Fig. 15).



El tratamiento completo del aceite dura aproximadamente 20 minutos. Se requieren aproximadamente 0.4 libras de vapor por libra de aceite neutralizado. La tabla siguiente muestra el análisis de un aceite en el estado crudo y después de la neutralización. Una pérdida de neutralización típica para el aceite de soja es de alrededor de 4.5%, y para el aceite de semilla de algodón de 6%. El peso de material de desperdicio de acuerdo a esta cantidad es más del doble de la pérdida debido a las sales de sodio y al agua agregada. Alrededor del 25% de este material se clasifica como ácidos grasos totales, y sólo esta cantidad se considera de valor comercial.

ANÁLISIS DE ACEITES TÍPICOS

Análisis	Semilla de algodón		Soja	
	Crudo	Neutraliz.	Crudo	Neutraliz.
Acido graso libre %	1%	0.05%	0.7%	0.05%
Color (rojo Lovibond)	-	6.2	-	8.5
Color de blanqueo (r. L.)	-	2.0	-	2.7
Pérdida neutralización	6.6%	-	5.6%	-

NEUTRALIZACION DISCONTINUA VS. CONTINUA

Durante muchos años el bien conocido proceso de la cuba, o método discontinuo, se usó para mezclar la solución alcalina con el aceite crudo, agitar, calentar y separar en dos fases el aceite y el jabón. También fue necesario evitar el sobrecalentamiento de la masa para prevenir la saponificación del aceite neutral a cuenta del exceso de álcali, hacer que el vapor formado se libere del cáustico, y tratar de que las partículas de jabón se vayan por gravedad al fondo de la cuba. Toda esta técnica fue necesaria y costosa debido a la impregnación del aceite con el jabón, y a la saponificación del mismo. Entonces se agregó sal o silicato de sodio al proceso discontinuo para llevar a cabo una mejor separación del jabón obscuro y el aceite, y una sedimentación compacta. Pero la mejor técnica y experiencia fallaron debido a la ineficiencia de la neutralización discontinua.

Por esta razón se gastaron años de investigación y experimentación para llegar a un método más perfecto. Benjamín Clayton desarrolló un proceso de neutralización continuo a base de soda cáustica que redujo hasta un 30% la pérdida por neutralización obtenida con el proceso discontinuo. Los principales aspectos del mejoramiento fueron: mezclado en cosa de segundos comparado a minutos y calentamiento a temperaturas mucho más altas que las factibles en el proceso de la cuba. Las partículas de jabón obscuro se fusionaron mejor, y se redujo la viscosidad del aceite neutral, permitiendo una separación más rápida de las partículas de jabón. Se empleó una centrifuga para la separación, en tal forma que no se necesitó tanto tiempo de contacto entre aceite, cáustico libre y partículas de soapstock como en el proceso de la cuba ocurría, a menudo más de una hora, y resultaba un sub-producto de jabón libre de aceite más compacto y en un tamaño más económico. Otras ventajas fueron economía en el espacio de edificio para la neutralización y control de la operación en una forma más automática, evitando así la inexperiencia de los operadores y disminuyendo el cuidado en el control del proceso. Se hizo entonces práctica la neutralización de aceites con cantidades excesivas de ácidos grasos libres e impurezas. Este proceso tomó auge en seguida y fue el empleado por la mayoría de las fábricas en los EE. UU. y otros países.

El proceso continuo de Benjamín Clayton usando soda ash salva alrededor de 45% en la pérdida por neutralización usando el proceso de la cuba, y salva 25% de la pérdida obtenida en el proceso continuo de NaOH. Aceites de maní, soya y maíz pueden a menudo ser neutralizados sin usar el paso de NaOH después de la soda ash, mientras que los aceites de semilla de algodón y lino no, de acuerdo con los diferentes tipos de pigmentos colorantes sobre los cuales la soda ash tiene poco efecto, necesitándose entonces la soda cáustica. Impurezas como glicósidos (del tipo del esteroles y de la isoflavona), y quizás otras materias, no son removidas tan efectivamente por la soda ash como por la soda cáustica.

Las ventajas del proceso de soda ash son obvias. Se agrega un agente no-saponificante para la neutralización; la emulsión se rompe

por alta temperatura y evaporación (deshidratación); al rehidratar con una solución concentrada, no se forma emulsión, y calentando a una temperatura de más de 200°F, hace una muy efectiva separación debido a la reducción de la viscosidad del aceite y del jabón obscuro. A 200°F. la viscosidad del jabón obscuro es un semi-fluido, y a menores temperaturas resiste cualquier flujo, pero cambia de una masa sólida a una semi-fluida alrededor de 180°F. Si tal temperatura se usara en la cuba o aún en el proceso continuo de NaOH, la separación sería dificultosa.

La viscosidad del aceite a 100°F. es 35 centipoises; a 200°F. es 6.5 centipoises, e indudablemente todo sedimento de partículas sigue la ley de Stokes, que depende directamente sobre el tamaño de la partícula e inversamente a la viscosidad del medio a través del cual la partícula viaja o sedimenta. Uno de los instrumentos más seguros para determinar el tamaño de la partícula en dimensiones de micras emplea este principio se sedimentación puesto en un gráfico contra tiempo, el cual es proporcional al tamaño de la partícula. Otro factor que favorece el proceso continuo es el uso de fuerza centrífuga para aumentar la sedimentación y compactación de las partículas de jabón obscuro para prevenir impregnación de aceite neutral, efecto motivado por el aumento de la gravedad varios miles de veces. El tiempo de contacto entre aceite neutral y exceso de cáustico se reduce a un mínimo, disminuyendo entonces la pérdida por saponificación.

Es bien conocido que los aceites vegetales neutrales resisten grandemente a la saponificación. En el proceso de soda ash no se usa agente saponificante hasta después de que los ácidos grasos libres han sido separados. Esto permite el uso de un álcali fuerte, soda cáustica en el 2º paso del proceso de soda ash, que prácticamente no causan saponificación, pero reduce grandemente el color y las impurezas residuales.

No es práctico usar soda ash en el proceso de la cuba debido a la espumación producida, y a la imposibilidad de neutralizar completamente los ácidos grasos libres del aceite. La soda ash aparentemente sólo neutraliza completamente bajo presión y a temperaturas elevadas, las cuales no son prácticas en operación discontinua. De esto se deduce que el proceso discontinuo nunca ha igualado al proceso continuo tanto en economía como en calidad.

MÉTODOS DE BLANQUEO

Los métodos de blanqueo se basan principalmente en la adsorción. Como método secundario tenemos el de oxidación. Entremos primero a estudiar este último, que es bien corto, y luego hablaremos de los métodos de la adsorción.

Blanqueo por oxidación: El blanqueo por oxidación típico lo tenemos en el aceite de palma. Thomsen y Kemp lo describen en la forma siguiente: si el aceite contiene una cantidad apreciable de sedimentos o material sólido, éstos se quitan primero por medio de una ebullición de la carga con 10% de solución de sal y vapor húmedo.

Entonces viene la sedimentación. El blanqueo se conduce en un tanque con recubrimiento de plomo, equipado con serpentines perforados para la inyección del vapor y del aire. La carga es una tonelada de aceite. El aceite se calienta a 110 grados F, y se agregan enseguida 40 lbs. de sal seca en polvo fino al tanque. Después se agregan 40 lbs. de ácido clorhídrico concentrado comercial, y 17 libras de $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ disueltas en 45 lbs. del mismo ácido. La última solución se agrega lentamente, en un período de 3 horas; la carga se agita con aire durante la adición de la solución de dicromato de sodio, y después se continúa agitando durante 1 hora. Enseguida, se pasa la agitación y se deja sedimentar la fase acuosa al fondo del tanque, desde donde se saca. Entonces se agrega agua (40 galones), y la carga se agita y calienta con vapor abierto hasta 150-160°F; después de esta operación se dejan sedimentar los contenidos del tanque durante la noche.

Blanqueo por adsorción: El blanqueo por adsorción, al igual de la neutralización con NaOH, se efectúa por dos métodos:

- a) Discontinuo.
- b) Continuo.

Método de la cuba: Las cubas se equipan con serpentines para vapor y agitadores a media velocidad. Ya que no se desea un blanqueo prolongado, las cubas de blanqueo son en general algo más pequeñas que las cubas usadas para la neutralización, pero del mismo diseño. Las cubas se prefieren cerradas, con el objeto de que puedan equiparse para trabajar a vacío, a pesar de que las cubas abiertas se usan a menudo. Para la operación, se cargan las cubas con el aceite, la tierra, o tierra y carbón, y se agita entonces la hornada al mismo tiempo que se calienta a la temperatura de blanqueo. Aunque se cree que el aceite debería secarse antes de agregar la tierra, Odeen y Slosson dicen que esto es innecesario, y aún indeseable. La temperatura óptima para el blanqueo varía con el aceite y el adsorbente. Para las tierras naturales, dicha temperatura varía entre 118 y 132°C, y para las arcillas activadas con ácido varía entre 100 y 106°C. Podemos decir que la temperatura óptima para dichos adsorbentes varía entre 212 y 240°F. Grasas animales no comestibles y de color obscuro o el aceite de palma deben blanquearse a una temperatura un poco más alta. La manteca de cerdo se blanquea a una baja temperatura (160-180°F.), con una pequeña cantidad de tierra (usualmente no más de 0.5%), con el objeto de no transmitir un sabor terroso a la grasa. Las tierras activadas no se usan sobre la manteca de cerdo.

Después de completarse el calentamiento, se continúa el mezclado por un período de tiempo variable, que es a veces mayor de 20 a 30 minutos; después, la hornada se bombea a un filtro-prensa. El aceite filtrado se devuelve primero a la cuba de blanqueo, y se continúa la recirculación a la cuba hasta que el color del aceite filtrado alcanza un mínimo valor constante. Después se lleva el aceite filtrado a un tanque separado, donde se completa la filtración. El método explicado se aplica a aceites razonablemente bien clarificados. Si el a-

ceite contiene mucha materia suspendida, esta debe quitarse por medio de una filtración, calentamiento con sal y sedimentación anterior al blanqueo, ya que algunas impurezas sólidas son adsorbidas por la arcilla de blanqueo o carbón, reduciendo entonces la capacidad de blanqueo de estos materiales.

A pesar de que no se desarrollan ácidos grasos libres durante el blanqueo de un aceite con una tierra neutral o un poco ácida, un aceite jabonoso puede aumentar el contenido de ácido libre en varias centésimas de 1%. Odeen y Slosson sugirieron que la arcilla descompone el jabón, adsorbiendo el ión sodio y dejando libre el ácido graso. En el tratamiento de aceites jabonosos los citados señores recomiendan calentar la hornada a 220°F, dejándola entonces quieta por una hora o dos, y procediendo a quitar la capa de jabón separado que está en la superficie, y siguiendo la operación de blanqueo.

En la operación de blanqueo de la mayoría de los aceites vale más la pérdida de aceite por retención en el adsorbente que el adsorbente mismo. El muy difícil tratar este aceite, y sale de mala calidad y muy oxidado. Por eso las fábricas no hacen uso de él, y prefieren botarlo. La actividad de un adsorbente es proporcional en cierto grado a su retentividad. Las tierras de fuller menos activas llegan hasta retener un 20-25% de su propio peso en aceite, pero las arcillas activadas con ácido retienen un mayor porcentaje, más o menos el 40%. Ya que el carbón es de naturaleza porosa, retiene mucho más aceite del que retiene cualquiera de las arcillas. Por lo tanto, si se agrega a una arcilla un 5 a 10% de carbón, la retención de aceite será mayor en la arcilla. Para escoger un adsorbente, se debe hacer un balance de costo de adsorbente, actividad del mismo y retención de aceite. Es más, deben hacerse muchos ensayos para llegar a una buena escogencia del adsorbente. Los ensayos de laboratorio son de menor valor en el blanqueo que en la neutralización, porque en la neutralización los ensayos de laboratorio pueden más o menos predecir el comportamiento del proceso en la planta, mientras que en el blanqueo no.

Para cualquier operación de blanqueo, la cantidad de adsorbente requerida varía muy anchamente con la naturaleza y actividad del adsorbente, la variedad del aceite, el color del aceite sin blanquear, y el color que se desea en el aceite blanqueado. Las cantidades de arcilla de blanqueo usadas varían desde 0.25% para la manteca de cerdo, hasta 5% para sebos no comestibles de color obscuro y grasas. Nunca se usa el carbón en mayor cantidad del 0.25%, y siempre se usa mezclado con la arcilla de blanqueo.

Método continuo de blanqueo a vacío: En la planta Mrs. Tucker's Foods Inc. de Sherman, Texas, se ha puesto en práctica el proceso que pasaremos a describir, durante un tiempo de 11 años. Respecto al método de blanqueo discontinuo atmosférico se encuentran las siguientes ventajas: 1) mayor reducción del color; 2) mejor estabilidad contra la oxidación; 3) ningún aumento en ácido libre; 4) mayor reducción en el contenido de jabón; 5) uso de menos adsorbente; 6) menos subsecuente envenenamiento del catalizador durante la hi-

drogenación; 7) mejor estabilidad del sabor de los aceites subsecuentes deodorizados.

Los resultados del blanqueo a vacío indudablemente dependieron primariamente sobre la eficacia de la deaereación y deshidratación de la mezcla aceite-adsorbente antes de calentarla a la temperatura de blanqueo. Dicha aereación y deshidratación en frío se lleva a cabo con mucha más efectividad aplicando un principio de evaporación instantánea (flashing), en vez de someter grandes masas de mezcla a un vacío como se hace en el proceso discontinuo a vacío.

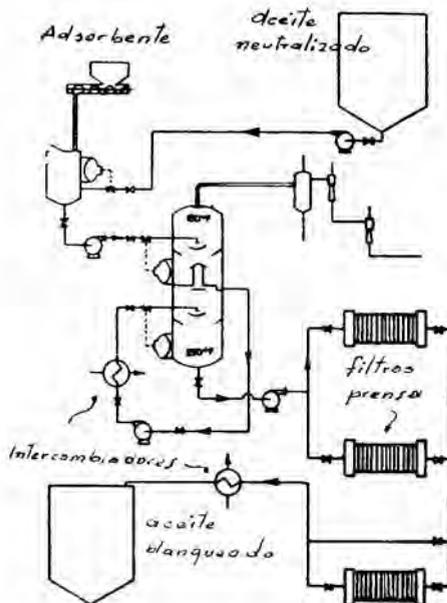
Principio de evaporación instantánea: No hemos hallado otra frase más adecuada para expresar el significado en español de "flashing off" que la aplicada en el subtítulo: evaporación instantánea. El principio consiste en lo siguiente: se lanza la mezcla aceite-adsorbente en forma pulverizada a la cámara de vacío por medio de toberas cónicas. Enseguida se nos viene a la cabeza que este proceso es mucho más eficiente que la agitación de gran volumen de mezcla sometida a vacío, como se hace en el proceso discontinuo.

Las condiciones que se necesitan para una deaereación y deshidratación completas de la mezcla aceite-adsorbente no pueden ser determinadas, en vista de que no hay métodos a la mano que den seguridad para pequeñas cantidades de oxígeno y humedad en tal mezcla. Se han hecho estudios sobre otros problemas de separación de gases de líquidos. En todo caso, la conclusión nacida de estos estudios es que es muy difícil separar completamente el oxígeno y el vapor de agua en una mezcla de aceite-adsorbente, especialmente a bajas temperaturas. También se ha concluido que es bastante difícil separar por simple evaporación compuestos volátiles de bajo punto de ebullición contenidos en los aceites. Por lo tanto, es razonable asumir que será aún más difícil separar estas impurezas en la mezcla aceite-adsorbente, puesto que los adsorbentes usados comunmente en el blanqueo de aceites grasos poseen gran afinidad por gases, agua y probablemente otras materias volátiles comunmente presentes en aceites neutralizados.

Mecanismo del proceso: El flow-sheet de la fig. 30 muestra cómo es el proceso.

El material adsorbente se alimenta continuamente por medio de un alimentador tipo tornillo al aceite neutralizado que viene del tanque de almacenamiento a una temperatura de más o menos 130°F. La mezcla entonces se pulveriza en una cámara de vacío a través de toberas cónicas. La corriente pulverizada choca contra un plato interceptor. Este choque hace evaporar inmediatamente los gases y humedad disueltos en el aceite y adsorbidos al material blanqueador. El tiempo aproximado para esta deaereación y deshidratación es de 7 minutos. Después se bombea la mezcla hacia un intercambiador de calor, calentándose a 220-240°F. En seguida se pulveriza la mezcla dentro de una segunda cámara donde dura aproximadamente 10 minutos. El propósito de esta 2ª evaporación instantánea es el separar productos gaseosos descompuestos por el calor, y además quitar el agua dejada

en libertad por el calor. La mezcla caliente se bombea después a 2 filtros-prensas conectados en serie, donde se enfría a 150°F. antes de ser expuesto el aceite al aire. Las cámaras de deaeración y vacío son superpuestas para conservar espacio; utilizan un sistema simple de vacío, y en general el diseño es simplificado.



El sistema se guarda de la exposición atmosférica desde el momento en que el aceite no blanqueado entra al sistema hasta que se descarga el aceite blanqueado y enfriado.

PARANGON ENTRE EL PROCESO CONTINUO A VACIO Y EL DISCONTINUO ATMOSFERICO

Se han hecho comparaciones entre el procedimiento de blanqueo ya explicado y el atmosférico que exponemos a continuación: se mezcla una determinada cantidad de adsorbente con 60 a 90.000 lbs. intermitentes de aceite neutralizado. Esta mezcla se efectúa en una cuba abierta equipada con un agitador mecánico. La mezcla se calienta a 220-240°F con agitación, y enseguida se bombea a través de 2 filtros-prensas cerrados y conectados en serie. La descarga de las prensas se enfría continuamente a 160°F o menos, por medio de un intercambiador de calor.

Con el objeto de hacer una serie de exámenes comparativos se necesita un mínimo de 200.000 lbs. de aceite, o sea 100.000 para cada proceso. Esta cantidad es aún insuficiente, ya que no es la necesaria para llenar las prensas con torta agotada de material adsorbente. Se necesitan lo menos 250.000 lbs. de aceite para hacer los exámenes necesarios. Esto quiere decir que hay que disponer al menos de 500.000

Obtención de la Manteca Vegetal a partir de la Semilla de Algodón

lbs. de aceite para hacer los exámenes comparativos en los dos procesos.

Efecto sobre la reducción del color: Se hicieron un total de 14 ensayos comparando los dos métodos. Los resultados fueron los que aparecen en la tabla siguiente.

Tipo de adsorbente usado	pH del adsorbente	Tipo de aceite blanqueado	Número de ensayos hechos
Arcilla natural 1	6.5	CSO	3
Arcilla natural 1	6.5	SBO	1
Arcilla activada 1	3.6	CSO	2
Arcilla activada 1	3.6	SBO	2
Arcilla activada 2	3.2	CSO	3
Arcilla activada 2	3.2	SBO	1
Arcilla activada 2 más 4% carbón	...	SBO	1
Arcilla activada 1 más Arc. Act. 2	...	SBO	1
Promedio general (14 ensayos)	

Tipo de adsorbente usado	Porcentaje promedio del adsorbente usado		Color promedio del aceite blanqueado	
	Atm.	Vac.	Atm.	Vac.
Arcilla natural 1	1.27	0.98	2.6	2.4
Arcilla natural 1	1.48	1.46	2.4	3.1
Arcilla activada 1	1.57	1.60	3.0	2.8
Arcilla activada 1	1.55	1.40	5.4	5.2
Arcilla activada 2	1.46	0.90	2.4	2.1
Arcilla activada 2	1.32	1.30	2.4	2.5
Arcilla activada 2 más 4% carbón	0.92	0.92	3.7	2.5
Arcilla activada 1 más arc. act. 2	1.011	0.962	4.2	2.5
Promedio general (14 ensayos)	1.37	1.16	3.2	2.9

Dichos ensayos no se hicieron todos el mismo día, y solamente se usaron aceites idénticos para 3 ensayos comparativos: uno para aceite neutralizado de semilla de algodón usando arcilla activada 2, y 2 veces para aceite de soya usando una mezcla de las dos arcillas activadas y arcilla activada 2 más 4% de un carbón activado. Al observar los resultados de estos 3 experimentos, se notó un favorecimiento al procedimiento continuo de vacío. A pesar de que en los demás en-

sayos no se utilizaron para la comparación aceites idénticos, los colores de los aceites neutralizados fueron prácticamente los mismos. Los aceites usados en el procedimiento de blanqueo discontinuo dieron un promedio de color de 35 amarillo-8 rojo para el aceite neutralizado, y 20 amarillo-3.2 rojo para el blanqueado. En cambio, y en donde se nota la eficacia del procedimiento respectivo al otro, los aceites usados en el blanqueo continuo al vacío dieron un promedio de color de 35 amarillo-7.8 rojo para el aceite neutralizado, y 20 amarillo-2.9 rojo para el blanqueado. La ventaja del procedimiento a vacío es mayor cuando se usan arcillas de bajo pH como adsorbentes. Los aceites que se usaron fueron mezclas de varios tanques de aceite crudo; también hubo mezcla del aceite neutralizado. Como se nota, la eficiencia relativa de los procesos se hizo para aceites tanto de buena como de mala calidad.

Efecto sobre la economía de blanqueo: El promedio de los datos de la tabla anterior, que representa el blanqueo de más o menos 3 millones de lbs. de aceite se interpreta que tiene un color residual común de 3.0 rojo, promedio sacado de isotermas de absorción hechas en gráficos partiendo de datos de laboratorio. Esto se muestra en la tabla siguiente:

	% Adsorbente		Color Rojo	
	Atm.	Vac.	Atm.	Vac.
Datos promedios (tabla ant.)	1.37	1.16	3.2	2.9
Interpretados	1.45	1.12	3.0	

Los datos mostrados dan una reducción de color del 23% cuando el blanqueo se efectúa por el proceso continuo de vacío, comparado con el discontinuo atmosférico. Como se ve, el costo principal de reducción no está en el costo de la tierra misma, sino más bien en la reducción del costo del aceite retenido en la tierra agotada.

Efecto sobre la estabilidad del aceite: Se usó el método Swift bre la estabilidad por el método Swift los da la tabla siguiente:

Clase de aceite	Blanqueado Atmosférico Discontinuo		Blanqueado Continuo a Vacío	
	Estabilidad aceite ntrl.	Estabilidad aceite blan.	Estabilidad aceite ntrl.	Estabilidad aceite blan.
	horas	horas	horas	horas
CSO	14.1	11.5	13.4	12.5
SBO	13.2	10.5	13.0	12.0
Promedio	13.65	11.0	13.2	12.25

Obtención de la Manteca Vegetal a partir de la Semilla de Algodón

La reducción promedio en la estabilidad del aceite fue de 20% en el proceso discontinuo atmosférico y 7% en el continuo a vacío. Por consiguiente, la ventaja de este último es de 13%. El efecto de cada uno de los 3 adsorbentes utilizados en los ensayos efectuados sobre la estabilidad por el método Swift los da la tabla incluida a continuación:

Tipo de adsorbente usado	pH del adsorbente	% de reducción en estabilidad del aceite durante el blanqueo	
		Atmosférico	Cont. a Vacío
Arcilla natural	6.5	21	14
Arcilla activada 1	3.6	15	4
Arcilla activada 2	3.2	25	4

Como anotación interesante, se ve que la arcilla natural, que fue la que menos resultado dio en relación a la reducción del color, también causó la mayor reducción en la estabilidad del aceite. La explicación está en que el oxígeno adsorbido a esta arcilla está más fuertemente ligado que el adsorbido a las arcillas activadas.

Efecto sobre el aumento de ácido graso libre: Se puede asegurar teóricamente que no habrá aumento en el contenido del ácido graso libre si se blanquea un aceite perfectamente seco con un adsorbente perfectamente seco, debido a que no ocurrirá hidrólisis del jabón o del aceite neutral en ausencia de humedad. Sin embargo, siempre se presenta algo de humedad en los aceites neutralizados, y lo mismo se puede decir de los adsorbentes. Por consiguiente siempre habrá lugar a hidrólisis.

En la tabla siguiente se muestra el contenido promedio de ácido libre de los aceites antes y después del blanqueo, con tres diferentes clases de arcillas; además se dan los resultados con los 2 métodos. El contenido de jabón de los aceites no blanqueados dio un promedio de 100 partes por millón.

Tipo de adsorbente usado	pH de la arcilla	Porcentaje ácidos grasos libres			
		Origin.	Bl. At.	Origin.	Bl. V.
Arcilla natural	6.5	.070	.070	.065	.060
Arcilla activada 1	3.6	.063	.073	.017	.113
Arcilla activada 2	3.2	.087	.117	.090	.093

Con los datos de la tabla anterior se demuestra la ventaja del proceso continuo a vacío sobre el discontinuo atmosférico, cuando se utilizan adsorbentes de bajo pH. Igualmente se ve que no hay significativamente aumento en ácido libre cuando se usa el proceso continuo a vacío, cualquiera que sea el pH de los adsorbentes.

Efecto sobre el contenido de jabón: La concentración promedio de jabón en los aceites blanqueados por los dos métodos se muestra en la tabla siguiente:

Procedimiento de Blanqueo	P. P. M. de jabón en aceite neutralizado (Promedio).	P. P. M. de jabón en el aceite blanqueado		
		Alto	Bajo	Promedio
Discontinuo atmosférico.	103	55	14	32
Continuo al vacío	114	20	3	15

De nuevo queda demostrada la ventaja del proceso continuo a vacío en relación al factor jabón. Esta nueva ventaja es debida a la superior deshidratación del aceite y el adsorbente en el proceso a vacío. Es sabido que un jabón completamente deshidratado es insoluble en el aceite, mientras que un jabón hidratado es un poco soluble, aún en un aceite seco.

Efecto sobre el catalizador en la hidrogenación: Ya que se sabe que el jabón es un veneno del catalizador, se debe esperar que el blanqueo a vacío prolongará la vida activa del catalizador de níquel usado en la hidrogenación de aceites blanqueados. Se usó un catalizador durante varios meses en aceites provenientes de blanqueo continuo a vacío y discontinuo atmosférico. La cantidad de catalizador consumido por unidad de aceite endurecido fue un 25% menor sobre el aceite blanqueado a vacío.

Esta conducta se cree que sólo es debida a la mejor separación del jabón sino también a la estabilidad del aceite.

Efecto sobre la estabilidad del sabor: Con el uso del blanqueo a vacío es casi cierto que hay un mejoramiento en la característica del sabor, debido a que se reduce enormemente la oxidación del aceite durante el blanqueo; la estabilidad del aceite blanqueado a la subsecuente oxidación también se mejora grandemente. Hay un convencimiento de que el blanqueo continuo al vacío mejora el sabor y estabilidad del sabor de los aceites deodorizados en una extensión bastante marcada. Sólo se han hecho dos comparaciones bajo condiciones controladas entre aceites idénticos blanqueados con los dos métodos, en los cuales se separaron los aceites durante la hidrogenación y deodorización. Dichos ensayos se hicieron sobre un aceite de soya neutralizado, y en ambos procedimientos se utilizaron los mismos porcentajes de una arcilla activada. Los aceites blanqueados al vacío, hidrogenados o no endurecidos, fueron decididamente superiores a los blanqueados por la manera discontinua atmosférica en lo que respecta a la estabilidad del sabor después de la deodorización.

BLANQUEO DISCONTINUO A VACIO VS. BLANQUEO CONTINUO A VACIO

Ya que no hubo a la mano una planta discontinua a vacío, no se pudieron hacer comparaciones directas. De todos modos, es muy razonable deducir que el proceso continuo tiene las siguientes ventajas sobre el discontinuo, a pesar de que no se conoce la magnitud de ellas:

1) — Más completa deareación y deshidratación, debido a que la mezcla adsorbente-aceite es pulverizada con evaporación instantánea dentro de la cámara de vacío debajo de la temperatura de blanqueo.

2) — El tiempo de contacto entre aceite y adsorbente es mucho menor, y por consiguiente el oxígeno residual y su efecto sobre la oxidación de la materia colorante queda disminuído.

3) — La operación de blanqueo puede ser más seguramente controlada, afectando posiblemente la economía del sistema. La cantidad de adsorbente puede aumentarse o disminuirse en cualquier momento durante la operación, con el objeto de ajustar y mantener un color efluente deseado con un mínimo de adsorbente.

RESUMEN DEL PROCESO CONTINUO A VACIO

Los principios fundamentales del proceso continuo de blanqueo al vacío son:

1) — Deareación y deshidratación en frío de la mezcla aceite-adsorbente por el método de pulverización continua dentro de un vacío con el objeto de quitar el agua restante y productos gaseosos de descomposición.

2) — Ulterior deshidratación y desgasificación después del calentamiento a la temperatura de blanqueo, operación que se efectúa por medio de pulverización continua dentro de un vacío para quitar el agua restante y productos gaseosos de descomposición.

3) — Mantención de un sistema cerrado a través de todo el proceso con el objeto de evitar contacto atmosférico desde el momento en que el aceite neutralizado frío entra, hasta el momento en que el aceite blanqueado y frío sale del sistema.

PARAGRAFO -II-

PRACTICA INDUSTRIAL PARA LA HIDROGENERACION CATALITICA DEL ACEITE DE SEMILLA DE ALGODON

Esta parte de nuestro trabajo tiene por objeto el estudio de los principales métodos usados en la industria para la hidrogenación del aceite, comparándolos unos con otros y describiendo los aparatos

usados. Abarca no sólo la hidrogenación propiamente dicha, sino también la preparación del catalizador, la filtración del aceite hidrogenado, la regeneración del catalizador inactivo y la producción de hidrógeno.

No es objeto de este trabajo el analizar todos los métodos empleados y por lo tanto sólo estudiaremos, además del que emplearemos en nuestro proyecto, los más importantes y los que sean más distintos unos de otros. Mucha de la información fue obtenida por nosotros de las casas constructoras de esos aparatos, las cuales nos enviaron catálogos y folletos que ilustran los aparatos por ellos fabricados.

PREPARACION DE CATALIZADORES

La inmensa mayoría de las industrias de endurecimiento de aceites, preparan el catalizador dentro de la misma fábrica, pero la tendencia actual es la de comprar el catalizador ya preparado; hay firmas industriales que lo preparan para proporcionarlo a las empresas que lo necesitan; esto tiene grandes ventajas, primero, por la mejor calidad y uniformidad del producto y también, porque tal preparación ofrece algunos peligros que no está mal evitar; la principal empresa en este sentido es la Rufert Nickel C., que lo prepara en escamas; la Cenco también produce Raney Nickel Catalyst con un precio actual (abril 16, 1951) de US\$ 24.96 por 10 lb.

En este capítulo trataremos de los distintos métodos que se usan para preparar el catalizador de níquel dentro de una fábrica de endurecimiento de aceites.

Casi todos los métodos se basan en la reducción en atmósfera de hidrógeno y a temperaturas elevadas de una sal de níquel; la reducción debe tener lugar a temperaturas siempre por debajo del rojo, pues de otro modo el catalizador resultará ineficiente; el níquel reducido al rojo prácticamente no tiene ninguna actividad. La temperatura de reducción varía con los métodos, oscilando entre 300°C. y 500°C. generalmente. Se debe tener en cuenta que hay bastante diferencia entre la temperatura a la cual comienza la reducción y aquella a la que termina; no se suele efectuar la reducción completa a níquel metálico, sino que se obtiene una mezcla de níquel y óxido, que da un gran rendimiento como catalizador; a mayor temperatura se obtiene un catalizador más permanente, pero menos activo.

En la actividad catalítica del catalizador obtenido tiene una gran influencia el compuesto de níquel que ha sido sometido a la reducción. El uso de soportes inertes permite mayores temperaturas de reducción sin afectar el poder de absorción, de tal modo que se pueden obtener reducciones más completas a unos 420°C; debemos anotar que una vez obtenido el 60% de níquel reducido, no se sigue notando aumento de actividad catalítica con el aumento de níquel reducido. Cuando se va a reducir un compuesto de níquel en atmósfera de hidrógeno, la temperatura ideal es aproximadamente de 300°C. si no hay soporte y entre 350° y 500°C si se usa soporte.

Veamos ahora el comportamiento de los óxidos e hidratos de níquel ante la reducción en atmósfera de hidrógeno: El óxido de ní-

quel anhídrido a los 200°C. empieza a tornarse verde, pero la reducción sólo comienza a 300°C; a 330°C es lenta y se acelera a unos 380°C; la reducción cesa a 420°C; el níquel así obtenido es pirofórico; no es un catalizador ideal para grasas. El óxido de níquel obtenido por calcinación es muy resistente a la reducción y sólo se obtiene una reducción completa a la temperatura del rojo; es también pirofórico; tratándolo hasta 420°C. se obtiene una tercera parte de níquel no reducido y se reducen las dos terceras partes; esta mezcla es muy activa y también es pirofórica. El hidrato de níquel preparado en el laboratorio comienza a reducirse a 230°C; habiéndose comenzado a deshidratar a 200°C; a 270°C la reducción se hace de nuevo lenta.

Las sales de níquel más usualmente empleadas para la preparación del catalizador son el formiato, el sulfato, el nitrato y el carbonato. Cuando la materia prima es el nitrato, éste se debe calcinar con libre acceso de aire en un crisol a 300°C y el óxido resultante es el que se somete a la reducción; si es hidróxido o carbonato, éstos se deben obtener por precipitación, luego se lavan y se secan y después se reducen, necesitándose no más de 300°C. de temperatura.

La reducción a temperaturas menores de 300°C. dan un catalizador muy susceptible a los venenos. El óxido reducido incompletamente es más activo que el metal puro, no por la presencia del óxido, sino porque a mayor temperatura de reducción, disminuye la actividad.

Hoy se tiende a usar níquel masivo como materia prima para la preparación del catalizador; esto tiene como ventaja el evitar la precipitación y también facilita la regeneración del catalizador usado; algunos tratan este níquel haciéndolo reaccionar superficialmente con ácido nítrico y luego lo reducen en atmósfera de hidrógeno.

También se preparan catalizadores de níquel por molida mecánica de níquel masivo; ésta es una operación que se lleva a cabo en molinos de bolas en presencia o ausencia de aceite y de abrasivo; esto es muy poco usado. Estos catalizadores preparados mecánicamente son menos activos y además diferentes en su acción de los obtenidos químicamente, sobretudo en lo relacionado a los distintos períodos de vida

Aleaciones de níquel-aluminio y níquel-sílice son muy usadas como materia prima en la obtención de catalizadores de níquel; son especialmente importantes de éstas, las aleaciones de níquel-aluminio, a partir de las cuales se obtiene el Raney Nickel de cuya preparación hablaremos después.

Otro catalizador de este tipo es el obtenido de la aleación de cobre, níquel y hierro con magnesio y zinc, la cual se oxida calentándola en el aire; después se muele, pudiéndose usar así como catalizador, o después de reducida en atmósfera de hidrógeno.

Los catalizadores de níquel coloidal se obtienen reduciendo soluciones o suspensiones de sales de níquel en glicerol que contiene gelatina o goma arábiga como coloide protector; por ejemplo, una solución de formiato de níquel y gelatina en glicerol se puede reducir con hidrógeno a 200°-210°C tomando un color café nuez; la solución coloidal así obtenida no se altera con el aire y es soluble en alcohol;

por centrifugación se obtendrá un sólido café con 25 a 30% de níquel, el cual vuelve a dar solución coloidal tratándolo con ácido acético, agua acidulada, glicerol o alcohol.

Un método muy poco empleado para la preparación del catalizador es el electrolítico, y de él no nos ocuparemos en este trabajo.

Elis divide los catalizadores de níquel en once grupos, de acuerdo al modo de obtenerlos; por ser interesante para apreciar lo complejo del problema de la preparación del catalizador, los enumeraremos a continuación:

1) — A partir del metal masivo: a) por división mecánica muy fina; b) metal coloidal por desintegración eléctrica; c) virutas oxidadas en la superficie y luego reducidas.

2) — Por reducción de óxido, hidróxido o carbonato en una corriente de gas reductor, generalmente hidrógeno.

3) — Por reducción con calor de sales de níquel.

4) — Por ignición de compuestos de níquel con materia carbonácea.

5) — Por reducción calorífica del carbonillo de níquel.

6) — Sales de níquel no reducidas de ácidos oxigenados inorgánicos, como por ejemplo, borato, metaborato, silicato, etc.

7) — Boruro de níquel.

8) — Carburo de níquel.

9) — Hidruro de níquel.

10) — Compuestos de níquel organometálicos.

11) — Reemplazo del níquel de soluciones de sus sales, por otros metales.

De todos estos no tienen importancia industrial sino el segundo y el tercero.

En casi todos los métodos de preparación del catalizador, se deben tener en cuenta los siguientes principios, recomendados por Groggins:

1) — Se debe procurar el uso de materias primas bastante puras, pues de ello depende en gran parte la actividad del producto obtenido; en el laboratorio se debe analizar cuidadosamente dichas materias, sobre todo en lo referente a los venenos.

2) — Se debe preferir preparar el catalizador mediante reacción química, mejor que por métodos meramente mecánicos o físicos.

3) — Durante la preparación hay que tomar todas las precauciones posibles para que el catalizador no se contamine con sustancias indeseadas.

4) — Se requiere un control especial de la temperatura de reducción; es bueno anotar que dicha reducción de los óxidos de metal por el hidrógeno es generalmente exotérmica y por lo tanto hay mucho peligro de que ocurra una sinterización, perjudicial a la actividad, si no se controla la temperatura.

5) — Es mejor no almacenar largo tiempo el catalizador pre-

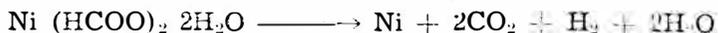
parado, y si esto es necesario debese controlar dicho almacenamiento; algunos autores aconsejan no efectuar la reducción sino inmediatamente antes de usarlo; si el catalizador se guarda en botellas, éstas no deben tener tapones de caucho, sino de corcho o de vidrio, por la posible contaminación de azufre.

Los métodos que vamos a describir se pueden dividir en dos tipos:

- 1) — Métodos por reducción húmeda.
- 2) — Métodos por reducción seca.

Métodos por reducción húmeda: Los métodos difieren entre sí según sea la materia prima que se emplea; estos métodos por reducción húmeda son más modernos y más usados que los por reducción seca, que además ofrecen mayores peligros, a causa de posibles explosiones.

El primero de los métodos que describiremos es el que emplea el formiato de níquel como materia prima: la sal formiato de níquel debe ser finamente dividida y luego se suspende en aceite, una parte de formiato en cuatro de aceite; una vez obtenida la suspensión, se lleva ésta a tanques, en los que se efectúa la reducción; estos tanques deben ser cerrados y estar equipados con agitador mecánico y con calentamiento eléctrico o mediante camisa o serpentín de vapor; se aumenta la temperatura hasta 185°C; ya a 150°C. se ha iniciado la reducción, desprendiéndose agua, y por eso se debe pasar una pequeña corriente de hidrógeno para que ayude a arrastrar los productos gaseosos; no para reducir, porque en este caso el formiato de níquel no se reduce por la acción del hidrógeno, sino mediante la descomposición, según la ecuación que ya habíamos citado antes:



Al ir aumentando la temperatura, el agua es lo primero que se desprende como vapor a 190°C, durante media hora aproximadamente; una vez desprendida el agua, sube rápidamente la temperatura hasta 240°C que es la temperatura de descomposición del formiato, y se debe mantener a dicha temperatura por espacio de media hora como mínimo; una vez que la reducción haya terminado se puede proceder de dos maneras: si el aceite que servía como medio se ha alterado a causa de esta última temperatura de 240°C, se debe reemplazar por aceite refinado y luego se puede introducir al convertidor o hidrogenador en la proporción deseada, o almacenarlo, pero en medio del aceite para que no pierda actividad; si no se ha alterado, o la alteración no influye en el producto que se desea obtener, no es necesario cambiarlo y se puede usar así directamente como catalizador. En nuestro caso especial de la hidrogenación del aceite de algodón para obtención de productos comestibles, es necesario proceder del primer modo indicado. Cuando no se usa inmediatamente, sino que es necesario almacenarlo, se deja enfriar a 100°C. y se lleva a moldes donde el aceite solidifica mediante la hidrogenación que ha sufrido; de este modo el catalizador se puede conservar durante largo tiempo.

El catalizador obtenido por el método descrito contiene aproximadamente un 7% de níquel en peso. Como el níquel formado tiene propiedades coloidales, se recomienda la adición de tierra fuller o tierra de infusorios, durante su preparación, con el objeto de que ayude la posterior filtración, después de haber sido hidrogenado el aceite. Durante el proceso antes descrito se trabaja a presión atmosférica. Una de las ventajas del uso de formiato de níquel es que no deja residuo orgánico; el aparato donde se efectúa la descomposición puede ser de hierro maleable y tener buena solidez.

Otro método parte de los sulfatos de níquel y cobre en cristales; requiere temperaturas de reducción más bajas, teniendo por lo tanto la ventaja de no alterar el aceite en cuyo medio se efectúa la reducción. Puede prepararse sin soporte o con soporte. Si se va a preparar sin soporte se disuelven en agua caliente cinco partes de sulfato de níquel y una de sulfato de cobre y después se añade carbonato de sodio hasta reacción alcalina; se lleva a ebullición durante 30 minutos; el precipitado formado se lava con agua y se filtra en un filtro-prensa; se seca y se lleva a un molino de bolas para pulverizarlo; así quedan preparados los carbonatos, que falta reducirlos. Pero antes vamos a ver la preparación de los carbonatos cuando se usa soporte: los sulfatos de níquel y cobre se disuelven en agua caliente en la misma proporción de cinco a uno en un tanque ajustado o adaptado con agitadores y que no esté más lleno de la mitad; a esa solución saliente se añade primero el soporte que puede ser Kieselgur o tierra fuller, y después el carbonato de sodio; se calienta la mezcla a ebullición, pero con suavidad, mediante vapor, por corto período de tiempo; después se llena el resto del tanque con agua fría y se lleva el contenido al filtro-prensa, en donde se debe lavar; así quedan listos los carbonatos.

Ahora el proceso sigue igual para ambos carbonatos, los preparados sin o con soporte; estos se llevan a tanques con mezcladores en donde se agrega aceite, del más puro, y también material que favorezca la posterior filtración, si es necesario. La carga de aceite puede ser de una tonelada; entonces debe haber unas 150 lbs. el caso de no haber usado soporte durante la precipitación, pero se quiere añadir después como ayuda para la filtración, se deben emplear también unas 200 lbs.; en el mezclador se agita la mezcla en frío.

Después se procede a la reducción del compuesto de níquel, la cual se puede hacer en este método especial dentro del hidrogenador de aceite, debido a que la temperatura de reducción de los carbonatos de níquel y cobre mezclados es aproximadamente la misma que la necesaria para la hidrogenación catalítica del aceite de semilla de algodón (180-190°C); entonces, del mezclador se toman porciones para introducir las al convertidor, teniendo en cuenta la proporción final deseada, es decir, el porcentaje final de níquel en el aceite que se va a hidrogenar.

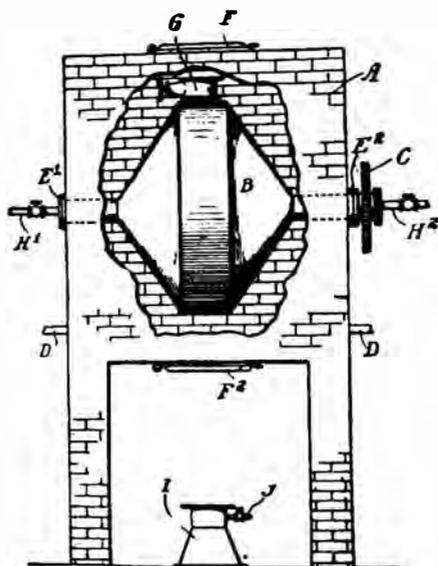
De los dos métodos expuestos tiene mayor aplicación industrial el primero.

Métodos por reducción seca: Estos fueron los primeros métodos usados para la obtención de los catalizadores de níquel, pero

actualmente han sido casi completamente desplazados en la industria por los métodos por reducción húmeda, a causa de los peligros de explosión a que están expuestos; el hidrógeno reductor puede escaparse y ponerse en contacto con la llama que calienta el cilindro de reacción, ocasionando serias explosiones en las fábricas. Se ha intentado con buenos resultados mezclar hidrógeno con un gas inerte, o usar amoníaco, pero su uso está muy limitado en la práctica industrial.

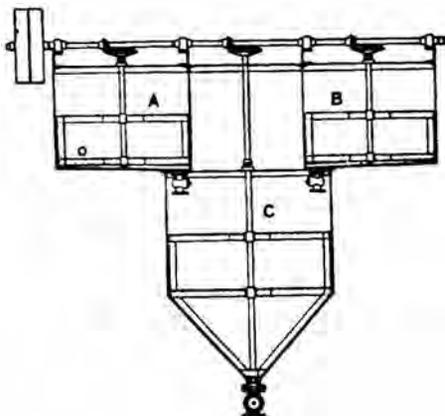
En el primer método de que trataremos se emplea sulfato de níquel que se lleva a solución; a esta solución se le agrega 15 a 20% de un soporte y se efectúa la precipitación del carbonato de níquel con carbonato de sodio; el material se lava, se filtra en filtros-prensa y se seca, todo lo anterior de manera semejante al método expuesto en el párrafo anterior. Después se efectúa la reducción que puede ser en un horno continuo de reducción o en un recipiente cerrado; esta reducción se efectúa en corriente o atmósfera de hidrógeno, calentando a temperaturas no inferiores a 300°C; hay mejor reducción agitando la masa y se completa cuando deja de formarse agua.

Los hornos de reducción continua se usan solamente cuando la producción de catalizador tiene que ser muy grande. En esencia consisten de uno o varios transportadores que conducen el material que hay que reducir y en contra-corriente se pasa hidrógeno, todo en ausencia de aire; el transportador se calienta con quemadores de gas; la longitud de éste, la velocidad del material y del hidrógeno deben ser calculadas de manera que cuando el catalizador atraviese todo el transportador esté lo convenientemente reducido; el hidrógeno arrastra el vapor de agua formado durante la reducción; el material ya reducido cae a un depósito de aceite, a poder ser hidrogenado, en cuyo medio se conserva.



Para producciones pequeñas de catalizador no se usa el horno de reducción continua, sino un recipiente cerrado, como el que se ilustra en la figura N^o 48; el recipiente B se encuentra dentro de una estructura de ladrillo e inmediatamente encima de un quemador, que lo calienta; puede girar y se debe llenar hasta 2/5 como máximo; la temperatura no debe exceder de 360°C y una vez efectuada la reducción se desocupa uniendo 6 con 1, eliminándose así el contacto con el aire, pues no se debe olvidar que casi todos los catalizadores de níquel son pirofóricos. El catalizador se conserva en aceite.

En la preparación del carbonato de níquel se puede emplear el aparato que aparece en la figura N^o 49; consta de tres tanques, A B y C, cada uno de los cuales está provisto de agitadores mecánicos; en el tanque A se diluye sulfato de níquel; en el tanque B se diluye carbonato de sodio y estas soluciones se mezclan en el tanque C en las proporciones requeridas, efectuándose así la reacción en que se forma carbonato de níquel precipitado; éste se lleva a un filtro-prensa, en donde se debe lavar para eliminar completamente el sodio; después se seca, quedando listo para la reducción.



Cuando en lugar de preparar carbonato de níquel, lo que se desea es hidróxido, se debe usar hidróxido de sodio en lugar de carbonato de sodio y en este caso hay que tener mucho más cuidado en el lavado del precipitado de hidróxido de níquel, pues hay que eliminar hasta las más mínimas trazas de soda cáustica.

Para efectuar la reducción del carbonato o del hidróxido de níquel se usa también un cilindro rotatorio que contiene en su interior ganchos metálicos con el fin de agitar el material; el cilindro se calienta con mecheros de gas y está rodeado por una camisa a través de la cual pasan los gases de combustión hasta salir por la parte superior. Debe recordarse que el enfriamiento del níquel reducido debe hacerse en atmósfera de hidrógeno, o de un gas inerte, pero nunca en presencia de aire, y que el material ya preparado se debe mezclar lo más rápidamente posible con aceite, para poderlo conservar activo y sin peligro de que se encienda.

MÉTODOS DE HIDROGENACION

Una vez neutralizado y blanqueado el aceite y preparado el catalizador, todo está listo para efectuar la hidrogenación, mediante la cual se logrará obtener un aceite de mayor punto de fusión con el cual podremos preparar el producto comestible que puede sustituir a la manteca animal.

El éxito de la hidrogenación está basado en las condiciones en que se efectúe, variando las cuales se obtendrán productos muy distintos; ya, en capítulo anterior, estudiamos esas condiciones de presión, temperatura, etc. requeridas para la hidrogenación selectiva; más adelante trataremos lo relacionado con el consumo de hidrógeno necesario para dicha operación; nos toca, ahora, tratar de los distintos métodos que se emplean en la industria, los cuales se diferencian principalmente en el modo de establecer el contacto entre el catalizador, el aceite y el hidrógeno; mientras más íntimo sea ese contacto, más completa será la hidrogenación y se llevará a cabo más rápidamente.

Una de las dificultades mayores para hidrogenar industrialmente se debe a la gran difusibilidad del hidrógeno, que hace tarea delicada el uso de altas presiones, debiéndose tener especial cuidado de que no se produzcan escapes. Se necesitan aceros que trabajen bien a la presión, sean poco corrosivos y poco porosos; lo mismo que son necesarias juntas muy perfectas. El hidrógeno a temperaturas superiores a 200°C difunde grandemente a través del hierro; el acero ordinario con el calor y en presencia de hidrógeno, se descarburiza produciéndose metano y como consecuencia de este fenómeno pueden aparecer grietas; como remedio se han propuesto aceros al cromo-níquel (18-8); para evitar la difusión del hidrógeno se ha propuesto recubrir la superficie interna con barniz que resista la presión y temperatura y que no se afecte con la reacción, pero estos barnices están patentados. Cuando la presión empleada es baja se pueden usar autoclaves de hierro maleable. No se debe olvidar que un paso muy importante en la hidrogenación de aceites es el de llevar el hidrógeno a solución dentro del aceite y por lo tanto el hidrogenador debe ser una máquina apta para la adsorción rápida y controlada del gas.

La principal división que se puede hacer para estudiar los métodos es la de discontinuos y continuos; los primeros son los que se emplean ordinariamente; los segundos sólo han sido desarrollados industrialmente en Rusia y en Inglaterra.

MÉTODOS DISCONTINUOS: En estos métodos de hidrogenación se efectúa en tanques cerrados que reciben el nombre de autoclaves o hidrogenadores y ordinariamente son construídos de acero; los sistemás más importantes son cuatro: burbujeo de hidrógeno, circulación del aceite, circulación doble (del aceite y del hidrógeno) y agitación mecánica; en la mayoría de los casos se usan dos de esos sistemas a la vez, como, por ejemplo, agitación mecánica con circulación de aceite.

En la actualidad hay tendencia a eliminar equipos complicados y esto se ha logrado mediante el desarrollo de agitadores tipo tur-

bina con lo cual se evitan los sistemas de circulación para el aceite y el hidrógeno.

Es importante para todos los métodos discontinuos un control muy riguroso de las temperaturas de reacción y de las presiones requeridas para la hidrogenación deseada; es bueno recordar aquí que un exceso de temperatura puede ser causa de deshidrogenación.

Trataremos esta materia en el siguiente orden:

- a) — Métodos con circulación de hidrógeno,
- b) — Métodos con circulación de aceite,
- c) — Métodos con doble circulación,
- d) — Métodos con agitación mecánica.

a) Métodos con circulación de hidrógeno: Uno de los aparatos más sencillos para la hidrogenación con circulación de hidrógeno se detalla a continuación: el aceite va en un recipiente y el espacio superior se llena de hidrógeno a presión conveniente; después se calienta con vapor mediante una camisa; una bomba saca el hidrógeno de la parte superior y lo impele por la parte inferior; el catalizador se añade cuando la temperatura ha llegado a ser la deseada. El burbujeo del hidrógeno es la causa del contacto íntimo entre las sustancias reaccionantes. Una vez alcanzado el punto de hidrogenación deseado, se baja hasta el fondo de la base cónica un plato poroso de tal modo que cuando el aceite hidrogenado se saca, una buena parte del catalizador no sufre exposición al aire y puede ser usado de nuevo sólo con añadirle un poco de catalizador fresco.

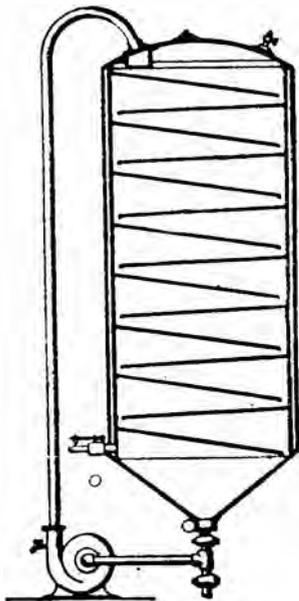
Para producir mayor agitación por medio de la corriente de hidrógeno se puede hacer pasar el gas a través de un diafragma poroso situado cerca del fondo del hidrogenador; uno de los materiales usados para dicho diafragma es el filtrox.

No es objeto de este trabajo el describir todos los aparatos que se han diseñado para la hidrogenación y, por lo tanto, siendo el anteriormente descrito un aparato bastante explicativo del método de que estamos tratando, no nos detendremos en el estudio de otros, la mayoría de los cuales sólo varían en la forma del recipiente y el modo de efectuar el calentamiento.

Cuando se usa el método con circulación de hidrógeno, en gran escala, es necesario purificar el hidrógeno antes de que vuelva a ser introducido al hidrogenador; algunos aconsejan pasarlo a través de un volumen grande del mismo gas que se va a emplear y hacer que permanezca lo más posible en contacto con el agua, por lo menos un poco más de lo que permaneció en contacto con el aceite; también se debe calentar antes de llevarlo al convertidor. La presión de hidrógeno que se necesita en estos métodos es un poco mayor que la necesaria para vencer la resistencia del circuito.

Los métodos de que estamos tratando se recomiendan para hidrogenaciones en las que se usa hidrógeno no obtenido electrolíticamente; el aparato antes descrito es de mucha utilidad cuando la producción de aceite hidrogenado va a ser pequeña y variable.

b) Métodos de circulación de aceite: El aparato de Hoehn fue el primero diseñado con esta característica y es muy sencillo; la idea de Hoehn era que no se debía agitar, ni siquiera con corriente de hidrógeno, sino exponer grandes superficies de aceite al hidrógeno; dentro de una cámara con entrada y salida de hidrógeno se encuentra una serie de recipientes de poca profundidad y gran superficie, uno encima de otro; el aceite entra por la parte inferior, de ésta es bombeado al recipiente inmediatamente superior, y así sucesivamente; del último de arriba se hace regresar al más bajo; el catalizador va mezclado con el aceite; una vez obtenido el grado de saturación deseado, el aceite hidrogenado se saca por las tuberías inferiores de la mitad de cada recipiente.



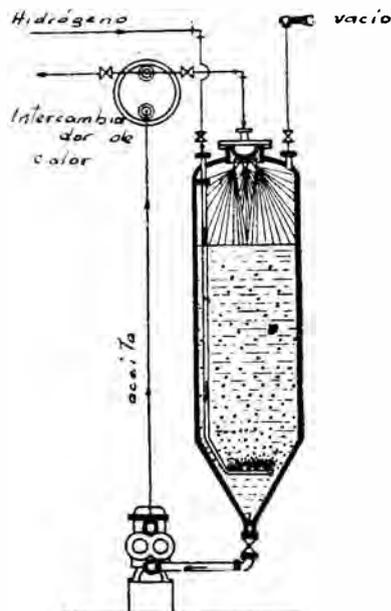
Otro aparato que usa este mismo método es el diseñado por Humphreys que consiste, como se aprecia en la figura N^o 54, de una cámara cerrada que contiene en su interior una serie de planos inclinados a través de los cuales se va deslizando el aceite, mezclado con el catalizador en atmósfera de hidrógeno, hasta llegar al fondo del aparato desde donde es succionado por una bomba que lo hace llegar de nuevo a la parte superior.

Una serie de estos aparatos tienen la característica interesante de lanzar el aceite mezclado con el catalizador en forma de lluvia por la parte superior, lográndose así un contacto mejor con el hidrógeno.

En estos métodos con circulación de aceite se suele recomendar que toda la carga circule completamente de 10 a 20 veces por hora, sirviendo este dato para el cálculo de las tuberías y de la velocidad de circulación; como el gas permanece siempre dentro del con-

vertidor, tienen estos métodos la desventaja de no permitir su purificación, especialmente cuando el hidrógeno que se emplea no es el electrolítico, lo cual es causa de que se retarde un poco la hidrogenación. Pero bajo el punto mecánico es más fácil la circulación del aceite que la del hidrógeno.

Tal vez la mayor ventaja de estos métodos es que el control de temperaturas se puede efectuar mejor mediante intercambiadores de calor colocados en el circuito del aceite, pero fuera del convertidor, evitando así el uso de camisas de vapor o de serpientes.



La figura Nº 55 ilustra este procedimiento; el vacío se hace al principio de la operación con el fin de que no haya aire presente, una vez lleno de aceite; entonces se inyecta el hidrógeno, a la presión deseada, por la parte superior y a través de un tubo se lleva éste al fondo desde donde burbujea a través del aceite; entonces se pone a circular el aceite, mezclado con el catalizador, y se va calentando a medida que pasa por el intercambiador de calor; cuando se adquiere la temperatura de reacción conveniente, se debe enfriar en el mismo intercambiador mediante el uso de agua fría en lugar de vapor, de tal modo que se mantenga constante la temperatura deseada; una vez alcanzada la saturación que se desea, se saca el hidrógeno y el aceite se deja enfriar hasta unos 100°C circulándolo por el intercambiador; después se hace llegar al filtro-prensa; en la figura se observa muy bien cómo el aceite se inyecta por la parte superior en forma de lluvia. El volumen ocupado por el hidrógeno depende de la presión a que se inyecte y de la cantidad de aceite que se va a hidrogenar y del grado de saturación con que se desea el producto fi-

nal. Se puede decir, aproximadamente, que el hidrógeno debe ocupar un tercio del volumen del auto-clave.

Las presiones de hidrógeno utilizadas en estos métodos son muy variadas, siendo los más usados de 4 a 12 atmósferas; siempre son superiores a las usadas en los métodos por circulación de hidrógeno, en los que únicamente se necesitaba una presión un poco superior a la necesaria para vencer la resistencia del circuito.

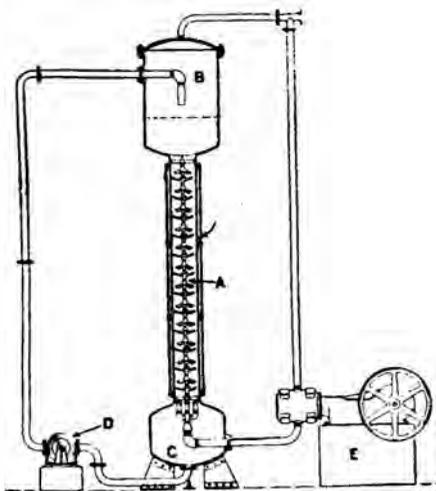
c) **Métodos con doble circulación:** El tercer tipo de aparatos se basa en la doble circulación, en contracorriente, del aceite y del hidrógeno; la principal ventaja es la de obtener un mayor contacto entre las sustancias que entran en la reacción; tiene el mismo inconveniente del primer método debido a la mayor dificultad de impedir los escapes del hidrógeno; se debe usar cuando el hidrógeno se impurifica fácilmente, pues entonces es posible una purificación continua durante la operación; cuando el hidrógeno se obtiene electrolíticamente no es necesaria dicha purificación, como habíamos dicho.

Dentro de estos métodos tiene especial interés el diseñado por Wilbusche-Witsch; consta de una serie de autoclaves conectados todos entre sí; el aceite entra en el primer autoclave por la parte superior y cae en forma de lluvia, encontrándose con una contracorriente de hidrógeno que entra al primer autoclave por la parte inferior; el aceite sale por el fondo y es bombeado al segundo autoclave; el hidrógeno que no ha entrado en reacción en el primer autoclave, pasa al segundo y vuelve a encontrar al aceite dentro del segundo autoclave; así sucesivamente a través de una serie de hidrogenadores, en número suficiente para obtener la saturación deseada; finalmente el aceite se lleva a centrifugas en donde se separa el catalizador; la presión empleada es de 9 atmósferas aproximadamente, dependiendo naturalmente del número de autoclaves usados, lo cual determina la resistencia que tiene que vencer el hidrógeno en su recorrido.

Otro método bastante original es el empleado en el diseño de Birkeland y Devik; debemos anotar que aquí no hay contracorriente; el aceite es bombeado al autoclave donde recibe en su seno al hidrógeno en forma de pequeñísimas burbujas y esta mezcla de aceite, catalizador e hidrógeno pasa por una válvula de reducción, y pasa a un segundo tanque donde sufre una expansión el hidrógeno, la cual causa una hidrogenación más completa y además deodoriza bastante el aceite, pues el hidrógeno se lleva consigo muchas de las partículas que causan el olor, las cuales se le separan en las cámaras de purificación, donde además se lava, siendo de nuevo comprimido, para volver a la presión deseada del autoclave; el aceite se calienta en el segundo tanque mediante un serpentín.

El tercer método de los que usan doble circulación consiste de un aparato hidrogenador con camisa de vapor y sin agitador mecánico, según la figura N^o 59, es tal vez el que logra un mejor contacto entre el aceite, el hidrógeno y el catalizador; este último está suspendido en el aceite; el aceite y el gas fluyen en contra-corriente a través de la columna delgada y el contacto íntimo lo originan los propulsores fijos como placas de choque que hacen que el gas y el a-

ceite se mezclen al rebotar en direcciones opuestas. La columna se llena de aceite por la parte superior, el cual circula mediante una bomba; el circuito del hidrógeno es accionado mediante un compresor; una cámara amplia que hay en la parte superior tiene por objeto facilitar la separación del hidrógeno que no haya reaccionado y que sale por la parte superior. Es de los procedimientos más rápidos para la hidrogenación; emplea 4 atmósferas de presión y la hidrogenación parcial del aceite de semilla de algodón se puede efectuar en 20 minutos si es catalizador fresco y el aceite está bien refinado. La temperatura requerida para la hidrogenación en este aparato es siempre inferior a la que se necesitaba en los otros que hemos estudiado.



d) Métodos con agitación mecánica: Estos métodos se usan generalmente en combinación con los de circulación, bien sea de gas, de aceite o doble. La variedad de estos aparatos es enorme y sería imposible describirlos todos. La principal desventaja del uso de la agitación mecánica es la dificultad de evitar los escapes de hidrógeno, motivo por el cual los aparatos tienen que ser construídos con especial cuidado; los tipos de agitadores son muy variados, lo mismo que la velocidad de agitación la cual se mide en revoluciones por minuto, siendo alrededor de 135 hasta 250, dependiendo naturalmente de la cantidad de aceite

MÉTODOS DISCONTINUOS: En estos métodos la hidrogenación industrial sino en Rusia e Inglaterra y el éxito ha sido menor que el esperado; el más conocido de ellos es el de Bolton y Lush; tiene la gran ventaja de que no es necesario filtrar el aceite hidrogenado debido a que se usa catalizador rígido, en forma de cedazos o de torneaduras preparadas por vía especial y contenidas dentro de los recipientes, que pueden trabajar en serie o en paralelo, siendo más empleado el primer método. La corriente de hidrógeno es en sentido contrario,

y se usa la recirculación de éste, durante la cual se purifica. El aceite tiene que ser precalentado, de modo que entre a los recipientes con la temperatura requerida por la reacción.

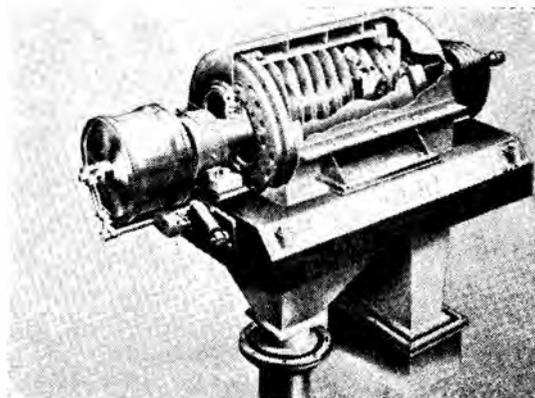
El grado de hidrogenación se controla principalmente con el número de recipientes y también con la velocidad del flujo del aceite; alimentando despacio, la saturación obtenida es alta.

SEPARACION DEL CATALIZADOR Y DEL SOPORTE

Con excepción de los métodos continuos de hidrogenación, siempre es necesario filtrar el aceite después de haber sido hidrogenado, con el fin de remover el catalizador sólido y, a veces, el soporte de dicho catalizador. Cuando el catalizador es demasiado fino se requiere añadir al aceite un material que sirva de ayuda en la filtración. Antes de efectuar la filtración se debe dejar enfriar hasta 100°C aproximadamente. El aceite hidrogenado y filtrado queda listo para someterlo a la deodorización de que trataremos más adelante.

La filtración se lleva a cabo principalmente en filtros-prensa; el catalizador separado del aceite se vuelve a emplear durante diez o doce hidrogenaciones. En muy pocos casos se usa la centrifugación, no porque sea un procedimiento inferior, sino porque es suficiente el uso de filtros-prensa del tipo común.

Se puede emplear también filtros de platos horizontales fabricados por Sparkler Manufacturing C. de los cuales recibimos folletín explicativo, en el cual nos recomiendan el modelo 33-5-11, con una capacidad de 3.000 galones por hora, una altura de 69 pulgadas y un diámetro de 44", un área de 60 ft² y puede admitir 4.9 ft³ de sólido; el precio es de U.S. \$ 2.750.



Cuando la cantidad de aceite lo justifique se puede utilizar con muy buen rendimiento un tipo de centrifuga moderna, fabricada por The Sharples Corporation; la centrifuga es horizontal y su forma puede ser cónica o cilíndrica; la mayor ventaja de este tipo de centrifugas es que el sólido se va descargando continuamente, lo mismo

que el líquido; tiene 3.250 revoluciones por minuto, lo que equivale a una fuerza centrífuga 2.100 veces mayor que la fuerza de la gravedad; la figura N^o 65 ilustra la apariencia exterior. El tornillo transportador gira en la misma dirección del cilindro, pero a velocidad un poco menor; el líquido que se va a centrifugar entra por un tubo de alimentación colocado en el eje central hueco. Todas las partes del aparato que tienen que estar en contacto con el líquido son fabricadas de metal monel; las demás partes de acero inoxidable y la base de hierro colado. El aparato puede ser lavado sin necesidad de abrirlo.

La casa americana Niagara Filters Corporation también nos envió un folleto que ilustra el sistema por ellos empleado y nos recomendó un modelo especial, el HO-1825, del cual recibimos una fotografía y un diseño, pero consideramos más prudente no reproducirlo debido a que era una información confidencial; dicho filtro está especialmente diseñado para filtrar aceites vegetales hidrogenados, con una capacidad de 4 toneladas diarias y un costo de U.S. \$ 2.710.

El aceite filtrado pasa a los tanques de almacenamiento del aceite hidrogenado en los cuales se debe mantener una temperatura un poco superior a la de solidificación de la grasa. El catalizador se vuelve a usar y si ya ha perdido su actividad se regenera.

REGENERACION DEL CATALIZADOR

El problema de la regeneración del catalizador es bastante complejo y no resulta económico sino en cantidades grandes, siendo recomendable en las pequeñas industrias almacenar el catalizador inactivo para regenerarlo cuando la cantidad lo justifique; también es complejo porque el método que se debe emplear varía según la materia prima empleada como catalizador.

Cuando se usa formiato de níquel se suele usar el siguiente proceso para regenerarlo: primero se lleva a la ebullición en una solución acuosa de carbonato de sodio y sal común con el fin de separar el aceite; el calentamiento se hace inyectando vapor; una vez que se haya separado el aceite, se deja de inyectar vapor y se bombea agua caliente a fondo del tanque hasta que éste se haya llenado unos cincuenta centímetros del borde; luego se deja acentar: el aceite flotarà y el catalizador se irá al fondo; el primero se bombea a la alcantarilla; el catalizador con agua se lleva a un filtro-prensa donde se lava bien para remover todo el jabón que tenga, lo mismo que el carbonato de sodio y la sal; después se pasa vapor para secar y el sólido se saca; de esta manera se ha eliminado todo el aceite. El sólido se coloca en cubas de madera y se lleva a la ebullición con un exceso de ácido sulfúrico, agitándolo con agitadores de madera; el exceso tiene por objeto disolver el níquel que está adherido al soporte; este exceso debe ser neutralizado con carbonato de sodio y se debe añadir también dicromato de sodio para oxidar el hierro ferroso, que puede estar presente, a férrico; después se añade el carbonato de sodio que sea necesario para precipitar todo el hierro férrico y el aluminio, sin que se precipite el níquel; cuando los análisis confirmen la ausencia de hierro y aluminio en solución, se llena la cuba con a-

gua y se filtra en filtro-prensa; queda entonces un líquido verdoso que es solución de sulfato de níquel; en este punto se debe analizar el níquel cuantitativamente; de la solución de sulfato se precipita el carbonato añadiendo carbonato de sodio, se filtra y el precipitado se disuelve en ácido fórmico, obteniéndose una solución de formiato de níquel, que se lleva a sequedad para sacar como producto final formiato de níquel sólido.

Si la materia prima empleada en la preparación del catalizador es sulfato de níquel, la solución de éste que teníamos en el proceso anterior se lleva a la cristalización, y si es carbonato, una vez obtenido éste después de la filtración, no se disuelve en ácido fórmico.

En los materiales empleados se debe tener cuidado de que no sean corrosivos por el ácido sulfúrico cuando éste se usa; por esto las cubas y los agitadores donde se efectúa la solubridad del níquel con ácido sulfúrico deben ser de madera; una vez neutralizado dicho ácido sí se pueden emplear materiales comunes.

Por el procedimiento descrito se ve claramente que sólo resulta económica la regeneración del catalizador cuando la cantidad tratada sea grande; en una planta de hidrogenación de cuatro toneladas de aceite de semilla de algodón, no se justifica regenerar el catalizador cada vez que éste pierda su actividad.

PRODUCCION DE HIDROGENO

En una hidrogenación catalítica el consumo de hidrógeno depende de la cantidad de materia que se quiera hidrogenar, de la calidad de dicha materia y del grado de hidrogenación que se desee obtener; por ejemplo, no es lo mismo hidrogenar aceite de coco que aceite de semilla de algodón, ni se consume el mismo hidrógeno si se desea obtener un producto con número de yodo 70 que con 80; mientras mayor saturación se desee obtener será mayor el consumo de hidrógeno.

El consumo teórico de hidrógeno para aceites vegetales es de 28.3 ft³ de H₂ a condiciones standard, por número de yodo disminuído y por tonelada de aceite; este valor es muy aproximado. El consumo de hidrógeno si se hidrogena aceite de semilla de algodón para la producción de manteca vegetal con un número de yodo final de 80 será:

$$28.3 \times (108 - 80) = 796.4 \frac{\text{ft}^3}{\text{ton.}}$$

lo que equivale a unos

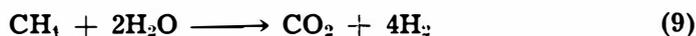
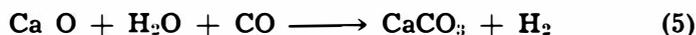
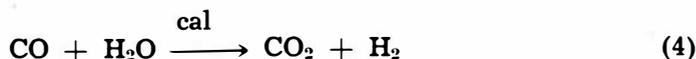
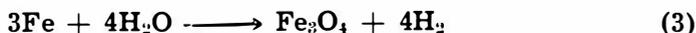
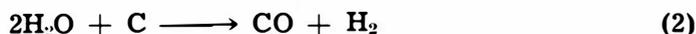
$$22.5 \frac{\text{m}^3}{\text{ton.}}$$

que en gramos de H₂ por tonelada de aceite corresponde aproximadamente a 2.000, es decir, un 0.22% de hidrógeno en peso.

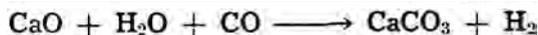
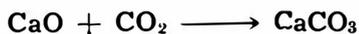
Pero la realidad es muy distinta y la práctica dice que el consumo es aproximadamente del 1% en peso. Para una planta de hidrogenación de 4 toneladas de aceite de semilla de algodón se necesitarían aproximadamente 36.300 gr. de hidrógeno, lo que corresponde a unos 10 metros cúbicos por 100 kilogramos de aceite, o 363 metros cúbicos para las cuatro toneladas, teniendo en cuenta que el decímetro cúbico pese 0.08985 grs.

Con excepción del método electrolítico, cualquier otro que se emplee para dicha obtención es antieconómico, siendo ésta una de las razones que aduciremos más adelante para adoptar la electrólisis del agua en la obtención del hidrógeno.

Las reacciones químicas que han sido explotadas industrialmente para la producción de hidrógeno son las siguientes:



La reacción (5) es la combinación de la (4) con la siguiente:



La reacción (9) es la combinación de las reacciones (4) y (8)



Los métodos más importantes en la obtención industrial del hidrógeno tienen como base algunas de las reacciones vistas; no se debe olvidar el carácter reversible de casi todas ellas; en muchos de esos métodos la dificultad principal radica en la separación del hidrógeno de los demás gases resultantes en la reacción, que recibe el nombre de purificación. De todos los métodos, el electrolítico es el que produce el hidrógeno de mayor pureza; proporcionalmente, para grandes cantidades, es más costoso; pero para pequeñas cantidades es el único que se debe emplear.

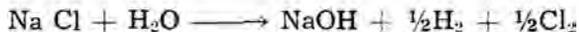
En la descripción de los distintos métodos seremos breves, debido a que está fuera de nuestro trabajo el hacer a fondo el estudio de la producción de hidrógeno, que de por sí solo daría lugar a otro trabajo de tesis.

Los principales métodos son: los electrolíticos, el de hierro-vapor, el proceso catalítico de gas de agua, el proceso de la cal, los métodos a partir de hidrocarburos, etc. De todos estos métodos sólo expondremos los dos primeros; los demás no tienen actualmente aplicación en la producción de hidrógeno para el endurecimiento de aceites, debido en gran parte, en algunos de ellos, a la dificultad de eliminar el monóxido de carbono, operación que no se puede empezar sino en empresas sumamente grandes. Primero estudiaremos los métodos electrolíticos y después el método de hierro-vapor; ambos se disputan la supremacía; sólo se puede adelantar como concepto, que donde la energía eléctrica es barata, se debe emplear la electrólisis del agua, sobre todo si la cantidad de hidrógeno requerido no es muy grande.

Métodos electrolíticos: Los métodos electrolíticos son dos: el primero y más importante consiste en pasar una corriente continua a través de una solución alcalina descomponiéndose el agua de acuerdo con la reacción:



El segundo obtiene hidrógeno como un subproducto y consiste en pasar corriente continua a través de una solución de cloruro de sodio, obteniéndose hidrógeno además de NaOH y cloro; la reacción es la siguiente:

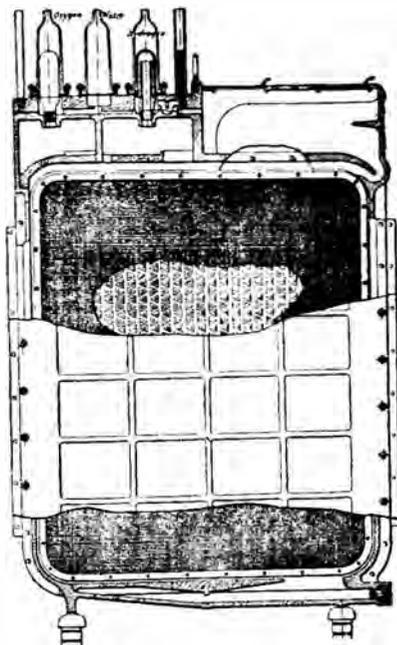


El primer caso de electrólisis fue uno de los primeros pasos que se dieron en el estudio de la electroquímica, pero debido a los peligros en la operación no se vino a aplicar industrialmente sino mucho después; hoy en día ha adquirido una importancia tan grande que ha ido desplazando todos los demás métodos de obtención de hidrógeno, teniendo la gran ventaja de que también se obtiene oxígeno, cuya demanda es cada día mayor.

En la electrólisis del agua hay dos constantes de una importancia muy grande en los cálculos de las celdas electrolíticas y son: primero, la cantidad de hidrógeno liberado por amperio hora de co-

corriente pasada por la celda generadora y que es de 0.03738 gramos o 0.014825 ft³ de hidrógeno medido a 0°C y 760 mm. de Hg. de presión; la segunda constante es el voltaje mínimo necesario para que una celda genere hidrógeno y que es de 1.69 para solución de hidróxido de sodio y de 1.67 para solución de hidróxido de potasio; en la práctica este voltaje siempre debe ser mayor debido a resistencias internas, y casi nunca rebaja de dos voltios. Con las dos constantes dadas se puede calcular la producción de gas por kilowatio-hora de electricidad que se emplee; este cálculo será teórico si se emplea el voltaje mínimo teórico. Teóricamente una celda generadora debe producir 9.4 pies cúbicos de hidrógeno por kilowatio-hora; en la práctica sólo se obtienen de 4 a 8 pies cúbicos.

Las partes principales de una planta electrolítica son: una celda que genere el hidrógeno; un generador con motor que produzca la corriente continua, gasómetros y tanques de almacenamiento de los gases, lo mismo que compresores para obtener el gas a la presión deseada; las partes principales de una celda son: un tanque donde se encuentre la solución, uno o más electrodos positivos, uno o más electrodos negativos y un diafragma que separe los electrodos e impida la mezcla del hidrógeno y del oxígeno producidos. Las celdas más comunes electrolizan una solución de NaOH al 15% y usan cátodos y ánodos de hierro con chapas de níquel; el diafragma suele ser de asbesto y la temperatura de operación oscila entre 60° y 70°C. El volumen de oxígeno obtenido es la mitad del de hidrógeno.



Hay dos tipos principales de celdas para la electrólisis del

agua y son: las de tipo filtro-prensa y las celdas unitarias; en las primeras cada plato es una celda individual y en las segundas contiene dos compartimentos de ánodo y uno de cátodo. La figura 66 ilustra el segundo tipo de celdas; la parte de grandes cuadros corresponde al cátodo; la parte en forma de triángulos corresponde al ánodo y la parte de cuadros pequeños es el diafragma de asbesto; en la parte superior izquierda se ve en el centro la alimentación del agua y a los lados por donde salen el hidrógeno y el oxígeno producidos; respectivamente, se ven más abajo las cámaras de los gases: oxígeno a la izquierda e hidrógeno a la derecha y en la parte superior derecha el recipiente donde se reúne el electrólito antes de pasar a la celda propiamente dicha; la celda tiene un espesor de 3½ pulgadas, pudiéndose colocar hasta cien de ellas en una longitud de 30 ft. Este tipo de celdas tiene la ventaja de ocupar menos espacio que las del tipo filtro-prensa. El voltaje que emplean estas celdas suele ser de 2.22 voltios; el hidrógeno salido de cada una de las celdas se recoge en un tubo común a todas, lo mismo que el oxígeno.

El tipo de filtro-prensa es muy usado actualmente; usa solución de NaOH de 20 a 30%; se conectan varios platos de tal manera que teniendo cada uno un voltaje de 2.5, se obtenga un voltaje total de 110 voltios; la casa inglesa Bamag Limited se ha especializado en este tipo de celdas y de ella recibimos un boletín en el cual explica las razones principales por las cuales se han adoptado más las celdas filtro-prensa, entre las cuales figuran: la celda está completamente cerrada, con lo cual se evitan las sustancias extrañas sobre todo la deterioración del electrólito a carbonato; los gases producidos son removidos inmediatamente del camino de la corriente; el electrólito circula filtrándose continuamente y evitando así cierto lodo que se forma y perjudica el aislamiento necesario; los gases son lavados antes de salir de la celda. Las razones antes dichas hablan muy bien de este tipo de celdas; el electrolizador produce 30 metros cúbicos por hora y ocupa un espacio en el piso de 5 metros cuadrados; la pureza del hidrógeno obtenido es de 99.95% y consume 4.25 a 4.8 kilowatios-hora por metro cúbico producido.

El análisis del gas obtenido es el siguiente:

Hidrógeno	99.75
Nitrógeno	0.20
Oxígeno	0.05

El otro método electrolítico, por electrólisis del cloruro de sodio, obtiene el hidrógeno como un subproducto y sólo se puede emplear donde se quiera beneficiar primero la soda cáustica o el hipoclorito; su importancia para la industria del hidrógeno es poca, por lo cual no nos ocuparemos de él. En nuestro país no deja de tener porvenir esta industria y una vez que las industrias que benefician la sal usen métodos electrolíticos se puede abastecer el consumo nacional de hidrógeno, principalmente en las fábricas de hidrogenación de aceites,

que actualmente lo tienen que importar debido al alto costo de su producción.

Método del hierro-vapor: La importancia de este método en la producción de hidrógeno para endurecimiento de aceites es muy notable, sobre todo en las grandes industrias, por ser muy económica su explotación en gran escala y por obtenerse un hidrógeno muy puro, hasta el 99% de pureza. La reacción básica de este proceso es:



Teóricamente se deben obtener 1000 ft. cub. de hidrógeno, medidos a 760 mm. de Hg. y 14.5°C, a partir de 50 lb. de vapor y 116.5 lb. de hierro; en la práctica el obtenido es bastante menor. La reacción se lleva a cabo pasando exceso de vapor sobre hierro calentado a más de 650°C; el exceso se debe a que la reacción es exotérmica y por lo tanto favorece la producción de hidrógeno.

Lo más importante de este problema es que la reacción se efectúa sólo superficialmente y por lo tanto es necesario proceder a la reducción de dicha capa mediante gas de agua a temperaturas semejantes a las de la oxidación primera; la reacción de reducción, con la cual se regenera el hierro, es la siguiente:



Esta reacción se puede descomponer en dos que son:



De estas dos, la que se obtiene más fácilmente es la segunda, por lo tanto en el gas de agua debe haber un exceso de CO para que la reducción sea más rápida. Una vez efectuada dicha reacción se deben remover los gases antes de pasar de nuevo el vapor.

Resumiendo, los pasos del proceso, si suponemos un óxido de hierro como materia prima, son: primero, reducción de dicho óxido con gas de agua durante un tiempo de 20 minutos; segundo, la pureza que consiste en la remoción de los gases, los cuales se pueden quemar después para calentar el recipiente donde se efectúa la oxidación y que dura no más de 40 segundos; y tercero, la oxidación del hierro mediante el paso de vapor de agua en exceso y que dura aproximadamente 10 minutos.

El gas que se obtiene contiene un poco de dióxido de carbono, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, siendo, por lo tanto, necesaria la purificación; el sulfuro de hidrógeno se elimina pasando el gas por un purificador de óxido de hierro; el dióxido de carbono queda en una capa de cal; no se le suele eliminar el monóxido de carbono (0.5%) por no ser económico dado el poco perjuicio que causa en la hidrogenación de aceites.

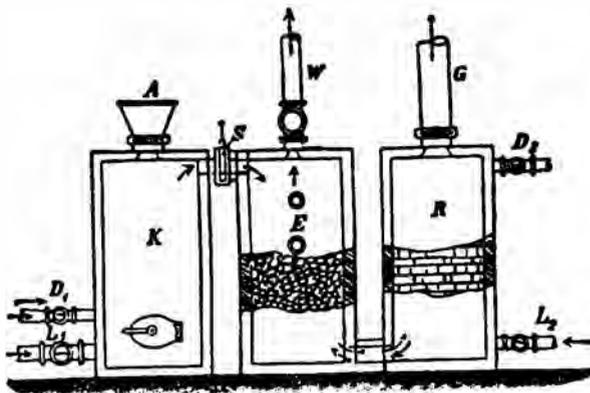
Obtención de la Manteca Vegetal a partir de la Semilla de Algodón

Durante la reducción se forma en la superficie del mineral una capa de hierro esponjado; si la temperatura sube mucho existe el peligro de sinterización, lo que impide el flujo del vapor y por lo tanto el que prosiga la reacción. El mineral sirve durante mucho tiempo sometido a la reducción y a la oxidación alternativamente, pero llega un momento en que debe ser reemplazado por mineral fresco; la causa del deterioro es para algunos la sinterización y para otros cierta desintegración en pequeños fragmentos.

El análisis de los gases antes de la purificación y después de ésta es el siguiente:

	Antes %	Después %
Hidrógeno	97.5	99.1
Nitrógeno	0.47	0.6
Dióxido de C.	1.5	0.2
Oxido de C.	0.5	0.1
Sulfuro de hidrógeno	0.03	—

En la industria el proceso se lleva a cabo en retortas que pueden ser simples o múltiples. En el sistema de una simple retorta es muy conocido el aparato diseñado por Stracke que se aprecia en la figura 69.



La cámara K es un productor de gas que se utiliza en la reducción del óxido, la cual se efectúa en la cámara E que contiene el mineral; una vez oxidado éste se efectúa la purga haciendo pasar el gas a la cámara R, donde se quema y se vuelve a la cámara E para efectuar la oxidación del hierro; el hidrógeno producido sale por W. Este es uno de los aparatos más sencillos y el que mejor se puede estudiar para el proceso de la producción de hidrógeno por el método de hierro-vapor; hay aparatos muy complicados que no merecen ser explicados en este trabajo.

METODOS DE DEODORIZACION

Cualquier método de deodorización sigue siempre el sistema de vacío. De modo que entonces la deodorización a vacío se divide en:

- a) — Deodorización discontinua
- b) — Deodorización continua
- c) — Deodorización semi-continua

METODO DISCONTINUO

Equipo para la deodorización discontinua: Usualmente la deodorización se lleva a cabo en vasijas cerradas, verticales y cilíndricas de acero, con fondos cónicos. La mayor capacidad de un deodorizador es de 60.000 libras de aceite, pero usualmente su capacidad es entre 15.000 y 30.000 lbs. El aceite a una temperatura de 450°F (232°C) tiene una densidad de 49 lbs./ft³. De aquí que un deodorizador de 20.000 lbs. y de 8 ft. de diámetro contendrá al rededor de 8 ft. de aceite a la temperatura de operación. Al inyectar el vapor a la vasija, ya bajo vacío, el resultado es que el aceite se mueve mucho y salpica bastante, de tal manera que en la vasija se debe dejar un espacio de 8 ft. entre el nivel del aceite y la parte alta de la vasija, para prevenir el arrastre del aceite con el vapor. Cuando existe un espacio adecuado encima de la superficie del aceite, es inútil usar en la salida del vapor una centrífuga separadora.

El vacío se suministra al deodorizar por medio de un sistema de varias etapas de eyectores de vapor. El termo-compresor primario del sistema se instala preferencialmente con los inyectores de vapor en una posición horizontal directamente encima de la salida del vapor en la parte alta de la vasija.

Se trata siempre de evitar tuberías muy largas e intrincadas entre el deodorizador y el sistema de vacío, debido a la caída de presión en tales tuberías y a la posibilidad de condensación y reflujo de materias volátiles al deodorizador. Debido al tamaño grande de las líneas de salida del vapor, que usualmente no son menores de 2 ft. de diámetro, generalmente no se considera práctica la inserción de una válvula hermética de vapor en dichas líneas. Tanto el deodorizador como la salida del vapor deben estar bien aislados. Debe ponerse en el fondo del deodorizador alguna forma de distribuidor de vapor, con el objeto de distribuir el flujo de vapor inyectado. Se han patentado varios inventos de esta clase pero se han considerado bastante objetables ya que se obtiene alta eficiencia de vaporización sin el uso de ellos. El tipo usual de distribuidor de vapor, que parece bastante satisfactorio, consiste de una simple "arana" chata, la cual consta de 6 a 8 tubos perforados que radian desde una línea central por donde va el vapor. La perforación de las tuberías debe relacionarse en área seccional al área seccional de las tuberías, en tal forma que el vapor se descargue igualmente desde todas las perforaciones.

Es necesario cualquier forma de control del flujo de vapor inyectado. Se puede usar un medidor de flujo de tipo-orificio; sin em-

bergo el más simple y satisfactorio aparato consiste de una boquilla medidora de forma redondeada instalada en la línea por donde pasa el vapor. Se colocan unas válvulas sobre cada lado de la boquilla, y deben instalarse monómetros sobre cada lado de la misma, entre esta y las válvulas. El flujo de vapor a través de la primera válvula se ajusta fácilmente para mantener una presión estable y deseada sobre la boquilla. El vapor que fluye a través de la boquilla será proporcional a la presión absoluta hasta un límite: el límite es que la presión sobre la boquilla no sea más del 58% de la presión del suministro, ya que la presión sobre el lado bajo será usualmente menor que la atmosférica, la del lado alto puede tenerse en valores entre 10 a 20 lbs. de sobre-presión; ya que la presión del vapor será de 100 lbs. o más, se puede regular bien el flujo de vapor haciendo la boquilla de tal tamaño que el flujo para una buena operación se obtiene en un valor intermedio, de 60 a 75 lbs. El tamaño para la boquilla medidora se puede calcular con la fórmula de Grasbof:

$$W = 0.0165Ap^{0.97}$$

donde:

W = flujo de vapor en lbs./seg.

A = área seccional de la boquilla en in.²

p = presión absoluta del vapor en lbs./in.²

Primeramente, cuando se usaba poco el vacío en la deodorización, y los requerimientos de inyección de vapor eran muy altos, se usaba comunmente el sobre-calentamiento del vapor inyectado para prevenir lo del enfriamiento indebido de la hornada de aceite. En las instalaciones modernas, en las cuales usan alto vacío y poco vapor inyectado, tal precaución es completamente innecesaria. El contenido de calor sensible del vapor es inconsecuente en comparación a la capacidad calorífica del aceite. El vapor estará sobre-calentado casi inmediatamente al contacto con el aceite. La humedad o secado del vapor inyectado es materia de poca consecuencia, pero el requerimiento esencial es que esté libre de oxígeno.

En un diseño de deodorizador también están incluidos termómetros o termopares para medir la temperatura del aceite, y un manómetro lleno de mercurio para medir la presión sobre la vasija. El manómetro debe conectarse directamente al cuerpo del deodorizador, encima de la superficie del aceite, y debe ser del tipo-cerrado en un extremo, en tal forma que indique la presión absoluta en el deodorizador.

El oxígeno se absorbe con mucha facilidad por los aceites a las temperaturas de deodorización. Por lo tanto el deodorizador debe estar completamente cerrado. Se prefiere una construcción soldada más bien que ribeteada.

Producción de vacío: Para obtener deodorizaciones eficientes es necesario y económico un equipo de vacío tal que mantenga una

presión no mayor de 6 mm. Hg. (0.25 in.). Se usa la termo-compresión en 3 pasos, aunque algunos sistemas usan hasta 4 y 5 pasos. Un diseño moderno que opera con vapor a presiones moderadas (100 a 150 lbs. de sobre-presión), y que emplea condensador de agua a temperaturas ordinarias (60 a 80°F), consumirá un vapor para la compresión equivalente a tres veces el peso de vapor inyectado, y requerirá un suministro de condensador de agua equivalente de 40 a 50 veces el peso total de vapor usado para inyección y vacío.

Por motivo de la simplicidad y lo barato de la construcción y además porque los aparatos no requieren limpieza, se usan usualmente los condensadores de tipo barométrico en conexión con los eyectores de vapor. Cuando se desea recobrar los materiales destilados fuera del aceite, puede ser ventajoso el uso de inter-condensadores de superficie, y con este tipo de condensador las materias volátiles no se mezclan con el agua del condensador.

El equipo de vacío de eyector de vapor no es flexible para la operación, y con el objeto de obtener la mayor eficiencia y economía, debe diseñarse para mantener una presión definida y mantener una cantidad específica de vapor inyectado. Para que la deodorización se conduzca lo más rápido posible, es lo mejor inyectar el vapor a la máxima rata posible, sin salpicamiento del aceite. Para deodorizadores de 20 a 25.000 lbs. de capacidad, de 8 ft. de diámetro, y operando bajo una presión de 6 mm. Hg, dicha rata será más o menos de 300 lbs. de vapor/hora.

Diseño del deodorizador discontinuo: La deodorización no es más que una adaptación del proceso de destrucción con vapor, y gobernada por los principios de ésta. El éxito de la deodorización depende de la aplicación inteligente de estos principios, y de la protección adecuada del aceite a la oxidación durante la operación. Si esto se logra, el aceite saldrá sin olor ni sabor, y poco afectado en lo que respecta a pérdidas y a estabilidad. Haciendo esto, ya no se pueden obtener más mejoras en el proceso, excepto del tiempo y gasto de la operación.

Operando a temperatura de 475°F (246°C), se pueden efectuar deodorizaciones de grandes hornadas en una hora o menos. Hay evidencia de que los vapores que van al condensador estén saturados con sustancias volátiles. Para salvar el vapor, la única manera posible es poner el aceite y el vapor en contacto por medio de contracorriente, en una manera que luego será descrita.

Calentamiento del deodorizador: Consecuentemente a consideraciones tanto teóricas como prácticas, los aceites deben calentarse de 425 a 475°F para una deodorización rápida y efectiva. A 425°F el vapor saturado tiene una sobre-presión de 315 lbs./in², y a 475°F una sobre-presión de 525 lbs./in². Pocas refinerías de aceite tienen vapor a la suficientemente alta presión para calentar el aceite a la temperatura deseada. Por lo tanto se requieren otros medios para alcanzar las temperaturas deseadas. Se han usado compresores mecánicos de vapor para

darle al vapor la alta presión en casos aislados, pero dichos compresores son muy complicados y relativamente ineficientes.

Ya se ha descrito el método directo de calentamiento usado en el sistema Wesson. Las desventajas de este método son las dificultades de evitar el sobre-calentamiento localizado.

Otro método muy usado por muchos años es el llamado sistema Merrill, en el cual el aceite mineral se calienta en un horno a fuego directo y circulado a través de serpentines en la vasija de deodorización. Este método ya se usa muy poco, puesto que aún el aceite mineral más estable tiende a descomponerse bajo las condiciones que prevalecen en este sistema.

El calentamiento eléctrico se ha usado en extensión limitada para calentar deodorizadores por medio de calentadores desnudos sumergidos en el aceite, y también por medio de elementos de resistencia puestos alrededor del exterior de los tanques y tubos de calentamiento. El calentamiento eléctrico tiene la ventaja del control automático, pero sus desventajas son el peligro del sobre-calentamiento localizado y del alto costo de la potencia. Por lo tanto se usa poco en sistemas industriales. Otro método de calentamiento que ha obtenido uso general en los últimos 12 años es el sistema de "Dowtherm". "Dowtherm" es un nombre registrado para una mezcla eutéctica de 26.5% de difenil y 73.5% de óxido de difenil. Este líquido tiene un punto de ebullición de 500°F bajo presión atmosférica. El Dowtherm se usa en forma líquida y se supone como líquido, aunque solidifica a 53.6°F. El Dowtherm se usa o en tubo de agua de caldera o en tubo de fuego de caldera. El primero es para grandes instalaciones, encima de 500.000 Btu./hora, y el último para unidades más pequeñas. Debido a sus propiedades termo-dinámicas, es posible obtener las temperaturas deseadas de deodorización a presiones aproximadas a la presión ambiente. Se usa para el calentamiento de deodorizadores discontinuos, por medio de serpentines, o en intercambiadores de calor, a través de los cuales el aceite se bombea. También se usa para el calentamiento en sistemas continuos.

Los deodorizadores generalmente se instalan a una elevación considerable para permitir el uso de condensadores barométricos junto con su equipo de vacío.

Enfriamiento del aceite deodorizado: Es esencial que el aceite sea enfriado a una baja temperatura antes de exponerlo al aire. El método más satisfactorio de operación probablemente, es enfriar el aceite directamente en el deodorizador mientras se sigue dejando el vapor a una rata reducida, hasta el fin del período de enfriamiento. La ventaja de este método es la de que se evita la necesidad de bombear aceite caliente, deja frío el deodorizador después que se saca la carga al fin de la operación. La desventaja consiste en lo lento del enfriamiento, necesiándose a veces serpentines de extra-enfriamiento en el deodorizador.

Si se va a enfriar un aceite que se ha calentado por circulación del aceite mineral caliente o por el sistema Dowtherm, el agua de enfriamiento no puede usarse en los mismos serpentines para el ca-

lentamiento. No es muy recomendable la práctica de descargar el aceite deodorizado caliente a tanques separados y enfriarlos allí.

Si se toman las precauciones necesarias, la hornada deodorizada se puede bombear fuera del deodorizador aun en estado caliente, y enfriada en un intercambiador agua-aceite antes de ser expuesto a la atmósfera. Se debe mantener íntegro el vacío sobre el deodorizador durante la operación de bombeo, y también debe continuarse el paso de vapor. Debe tenerse cuidado de que no vaya a entrar por aire por la bomba hacia el deodorizador. Después de descargarse la hornada, el deodorizador caliente y vacío debe llenarse inmediatamente con la hornada siguiente. Si se rompe el vacío sobre un deodorizador cuando aún está caliente, el resultado es una formación de películas oxidadas de aceite sobre las paredes y serpentines de la vasija.

Se usa una bomba centrífuga toda de acero para descargar el aceite. La temperatura del aceite enfriado no debe estar por encima de 120°F (49°C) para el caso de aceites para ensalada y cocina, y de 140°F (60°C) para mantecas hidrogenadas.

Errores en la operación de enfriamiento y remoción del aceite del deodorizador pueden dañar fácilmente el olor y sabor de un producto que pudiera quedar bien deodorizado.

Operación del deodorizador discontinuo: La deodorización debe conducirse al más alto vacío posible.

La entrada de vapor está en relación al vacío, puesto que el sistema de eyector de vapor está diseñado para mantener un vacío definido mientras se comprime un flujo específico de vapor inyectado. La rata de flujo ideal es justamente un poco menos de la que hace producir el salpicamiento.

La temperatura usual de deodorización fluctúa entre 425 y 475°F (218 a 246°C). La temperatura óptima para la mayoría de los aceites está probablemente más cerca del límite mayor que del menor. La mayoría de los efectos indeseables en la deodorización de un aceite en tiempos pasados se ha atribuido al efecto de la alta temperatura; pero actualmente se ha concluido que más bien se debe al efecto de oxidación, ya por escapes en el deodorizador, ya por oxígeno contenido en el vapor. Cualquier efecto de oxidación se vuelve mayor a altas temperaturas.

Con tal de que la operación se conduzca con una completa exclusión de oxígeno, aceites como el aceite hidrogenado de semilla de algodón se pueden deodorizar con gran éxito a temperaturas hasta de 525°F (274°C). Sin embargo, la deodorización es tan rápida a 475°F que no hay razón para conducirla a temperaturas más altas. Los aceites de coco, palma y babassú y otros, contienen grandes proporciones de glicéridos de bajo peso molecular, y por lo tanto se deodorizan a temperaturas más bajas que las anotadas, o por un tiempo más corto. Estos aceites son fáciles de deodorizar, y las pérdidas por deodorización son altas si se les deodoriza a altas temperaturas.

Aceites tales como el de semilla de algodón, se les puede mejorar mucho el sabor por medio de una deodorización con tiempo limitado y baja temperatura, por ejemplo a 350°F (149°C) durante dos

o tres horas. Así se tratan muchas mantecas y aceites en los deodorizadores sin otra fuente de calor que vapor a presión baja. Tales productos tienen un residuo distinto en olor y sabor, y no puede considerarse que han sido deodorizados en el término propio de la palabra.

Como ya se dijo, a una presión dada y a una rata de vapor dada, el tiempo requerido para una completa deodorización es inversamente proporcional a la presión de vapor de los componentes volátiles del aceite a la temperatura de operación. La tabla siguiente nos muestra una guía de la operación en la deodorización de productos del aceite de semilla de algodón. Se basa en la presión de vapor del ácido oleico, y asume una rata de 300 lbs./hora de vapor, una presión de 0.25 in. y una hornada de 20.000 lbs. de aceite.

TIEMPO REQUERIDO PARA LA DEODORIZACION DE PRODUCTOS DEL ACEITE DE SEMILLA DE ALGODON

Temperatura		Presión de vapor del ácido oleico m.m.	Tiempo (horas)
°F.	°C.		
350	177	1.4	16.0
375	191	2.5	9.0
400	204	4.6	4.9
425	218	8.3	2.7
450	232	15	1.5
475	246	25	0.9
500	260	43	0.5

Si se asume un peso molecular de 855 en el aceite, y una eficiencia en la vaporización de 0.9, se puede demostrar por la ecuación

$$S = \frac{PO}{EP_v} \left(\ln \frac{V_1}{V_2} \right)$$

que la deodorización equivalente a la que nos indica la tabla, reduciría los ácidos grasos libres a 1/10 de su valor original. Por motivo de la hidrólisis del aceite por el vapor, la remoción de ácidos es menor, si los ácidos son bajos de 0.5% inicialmente. Sin embargo, una cantidad de ácidos entre 0.1-0.2% serían reducidos a 0.02-0.3%.

Ciertos pigmentos de los aceites vegetales neutralizados se blanquean por medio de altas temperaturas. Por lo tanto los aceites aparecen más claros después de la deodorización. La pérdida en olor depende algo de la naturaleza del aceite y de la extensión en que han sido blanqueados. Como un ejemplo, el aceite neutralizado pero no blanqueado de semilla de algodón con un color rojo Lovibond de 7.0, puede salir del deodorizador con un color de 3 a 5. Pero una manteca tratada con tierra de blanqueo y carbón, y más tarde blanqueado por la hidrogenación, a un color rojo de 1.5 a 2.5, no perderá más de 0.1

a 0.2 unidades rojas de color en el deodorizador. Ciertas materias colorantes de aceites vegetales, y en particular el aceite de semilla de algodón, se desarrollan por medio de oxidación limitada. Cuando se llega a temperaturas de 400°F y más, parece que el desarrollo de dichos pigmentos requiere muy poco oxígeno.

Para deodorizar una hornada de aceite se profiere mantener un vacío total sobre el deodorizador, y además mantener un flujo de vapor continuo durante todo el período de calentamiento. La entrada de vapor durante el período de calentamiento sirve para desgasificar el aceite antes de que se caliente extremadamente. Si el aceite se calienta a alta temperatura antes de extirpársele el oxígeno disuelto, resultaría fácilmente una combinación del aceite y oxígeno, afectando el calor y estabilidad del producto. Cuando ya la hornada tiene la temperatura de operación, se puede hacer un calentamiento discontinuo, ya que las pérdidas de calor en una vasija bien aislada no son suficientes para disminuir la temperatura más de 5 a 10°F durante el resto de la operación.

Después de que el aceite se ha sacado del deodorizador, usualmente se filtra antes de un proceso ulterior, con el objeto de asegurar la claridad perfecta en el producto terminado. En ciertas plantas se le da al aceite un tratamiento con carbón en ese momento.

Invariablemente la deodorización es el paso final en el procedimiento de un aceite comestible antes de llevarlo a recipientes, o de convertirlo en margarina, o de solidificarlo en manteca. El sabor de las grasas comestibles es supremamente delicado y fácil de dañar. Después de que el aceite se ha deodorizado, debe empacarse tan pronto como sea posible, con una mínima cantidad de bombeo o almacenamiento. En las mejores plantas el aceite siempre se empaqueta en el término de horas, y aún de minutos, después del proceso de deodorización.

DEODORIZACION CONTINUA

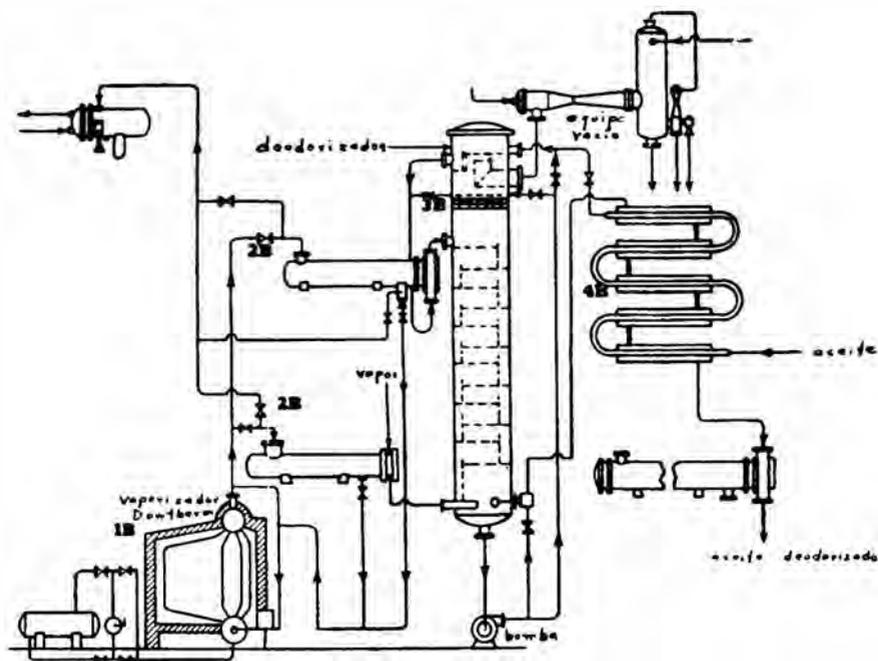
La deodorización discontinua tiene la gran ventaja de la simplicidad en el diseño, flexibilidad y facilidad de la operación. Sin embargo tropieza con ciertas dificultades. El vacío máximo sólo está en la superficie, ya que cada partícula de aceite debajo de la superficie está sujeta a la presión prevaleciente en el sistema mas la presión de cabeza hidrostática del aceite de encima. Por lo tanto, las columnas profundas de aceite prevalecientes de los deodorizadores discontinuos son una desventaja teórica. También, los deodorizadores discontinuos no recobran ninguna porción de calor impartida a cada hornada de aceite. Como otras desventajas tenemos: un alto consumo de vapor, grandes sistemas de vacío con altos requerimientos de agua y vapor y un gran tamaño de unidades requeridas para una capacidad dada.

Para evitar todas estas objeciones, se ha desarrollado un nuevo tipo de deodorizador. El deodorizador consiste en una torre de 3 a 6 ft. de diámetro, el cual depende de la capacidad requerida. Una columna de 6 ft. de diámetro tiene una capacidad nominal de 5000 lbs./hora. Dentro de la torre hay una serie de platos con cocas de burbujeo (buble-caps). Cuando el aceite desciende en la torre, se en-

cuentra con una corriente ascendente de vapor. Cuando el aceite se ha limpiado de materias volátiles, se encuentra con vapor cada vez más fresco, hasta que en el fondo de la torre encuentra el vapor más fresco. También, debido a las capas gruesas de aceite en los platos, la caída total de presión en la torre excede raramente de (un) 1 in. de Hg.

Debido a este principio de contracorriente, se obtiene mucha mayor eficiencia de vapor inyectado, con una consecuente reducción en la cantidad de vapor necesaria. Ya que la cantidad total de aceite en el sistema excede raramente de 1000 lbs. los componentes volátiles destilados por unidad de tiempo no sólo son pequeños sino también constantes. De aquí se sigue que se necesitan sistemas más pequeños de vacío y equipo auxiliar.

El calor se lleva a cabo usualmente por medio de vapores Dowtherm en calentadores externos. Se recobra un gran porcentaje de vapor por medio de precalentamiento del aceite primo con una contracorriente de aceite afluyente a través de un intercambiador de calor. Usualmente se deaerea el aceite que entra antes de pasar a través del calentador Dowtherm. Se han obtenido por este medio excelentes resultados.



Se ha desarrollado otro tipo de deodorizador en los últimos años y ha creado gran interés en la industria. Consiste de una serie de cámaras, usualmente 5, puestas una encima de la otra, comunicadas con la de abajo y encima por medio de válvulas operadas con mo-

tor. El tamaño popular es de alrededor de 1000 lbs. de capacidad por plato (cámara). El plato superior se usa para propósitos de deaeración y se calienta con vapor; el segundo se usa para calentamiento y deodorización usando serpentines de Dewtherm; el tercero y el cuarto también son para deodorización, y no se calientan internamente. El plato del fondo es para enfriamiento con serpentines de agua. El vapor inyectado se admite en todos los platos. Se permite un escape libre de vapor y volátiles en el espacio anular entre el perímetro de los platos y el casco exterior del tanque. El producto se colecta en un tanque de goteo, desde donde se bombea al tanque de almacenamiento. Además de los sistemas descritos, se han ensayado variaciones en los sistemas continuo y discontinuo. La mayoría de los ensayos no han pasado de experimentaciones.

DEODORIZACION SEMI-CONTINUA

Como ya se ha dicho, la deodorización discontinua de grasas y aceites comestibles, es en varios aspectos un proceso no satisfactorio. Como promedio, se necesitan 25 lbs. de vapor por cada 100 lbs. de aceite deodorizado. Debe agregarse a esta cantidad 75 a 100 libras para el mantenimiento del vacío; de aquí que en muchas plantas de aceite comestible, el vapor para la deodorización es el 50% de la cantidad total necesaria en la planta. En los últimos años se ha reducido el requerimiento de vapor por medio del uso del calentamiento Dowtherm para producir altas temperaturas de operación, pero los beneficios de operación a alta temperatura son limitados, por el hecho de que el acero carbonado y muchos otros metales y aleaciones usados para la construcción del deodorizador tienen un efecto pro-oxidante, efecto que se vuelve significativo al subir el aceite a alta temperatura. El níquel y aluminio no dañan la estabilidad del aceite, pero el último falla respecto a fuerza estructural y además presenta dificultades de limpieza, mientras que el níquel es tan costoso que no se justifica su uso.

El casco superior y la salida de vapor de un deodorizador discontinuo están invariablemente mucho más fríos que la carga de aceite, y forman por lo tanto una superficie efectiva de condensación para materiales que son fácilmente condensables, los que son arrastrados fuera del aceite por el vapor. El ref'ujo de las porciones superiores del deodorizador es un factor que contribuye a la dificultad de arrastre de las últimas trazas volátiles del aceite. Se ha propuesto el calentamiento con camisa de casco superior. La disminución del espacio encima del aceite, o la construcción de la parte superior de la vasija con el objeto de aumentar la velocidad del vapor disminuye el reflujo, pero al mismo tiempo tiende a aumentar la pérdida de aceite del deodorizador por salpicamiento.

Debido a la falta de flexibilidad de los eyectores de vapor, el consumo de vapor para mantener el vacío sobre las vasijas con la hornada, no puede reducirse durante los períodos de calentamiento y enfriamiento cuando ocurre poco arrastre, y actualmente la inyección de vapor sólo es requerida para agitar la masa de aceite y promover

el intercambio de calor con los serpentines de calentamiento o enfriamiento.

Los sistemas continuos de deodorización suplen la desventaja de la deodorización discontinua en lo que respecta al consumo del inyector de vapor, y además, recuperan una cantidad considerable del calor del aceite efluente. Pero sin embargo, tienen ciertos aspectos indeseables. Se requiere cierto tiempo para que en un sistema continuo llegue al equilibrio de temperatura y flujo de aceite cada vez que se interrumpe la operación. Por otro lado, se requiere un diseño muy cuidadoso para un aparato continuo que sujete el aceite a una baja presión uniforme en todo el período de deodorización, y retenga la alimentación de aceite todo el tiempo necesario para efectuar una buena reducción en el color durante la deodorización.

Finalmente, es imposible evitar un pequeño acceso de oxígeno al aceite caliente en el proceso, ya que el deodorizador discontinuo presenta un problema igual con respecto a la prevención de escape de aire. Sin embargo, es posible evitar el escape por medio de un buen diseño y un mantenimiento cuidadoso del equipo, pero siempre hay peligro en este sentido, y debe siempre desearse un aparato genuinamente a prueba de escapes. Esta discusión presenta y describe un nuevo deodorizador diseñado para evitar muchas de las desventajas mencionadas de los equipos discontinuo y continuo. El nuevo aparato se ha llamado un deodorizador semi-continuo, ya que el aceite se procesa en pequeñas porciones separadas, a pesar de que el aceite deodorizado sale en flujo continuo.

Ensayos en planta piloto: Luego de llegarse a la conclusión de que el arrastre eficiente podrá obtenerse en una vasija compacta, el deodorizador ilustrado en la figura N^o 76, se usó para evaluar la deodorización por corto tiempo a altas temperaturas de porciones apreciables (200 lbs.) de aceite.

Este aparato se construyó íntegro de níquel, a excepción del domo y otras porciones que no entraban en contacto con el aceite. Por la figura se ve que el diseño elimina completamente la posibilidad de reflujo. Deodorizaciones discontinuas de aceites vegetales y animales en este aparato dieron lugar a las conclusiones siguientes:

1) — Se efectuó arrastre durante una hora a 6 mm. de presión y a 430-450°F con 3 lbs. de vapor por cada 100 lbs. de aceite, y se produjo una deodorización equivalente a la requerida en una buena práctica comercial, y obtenida regularmente en deodorizadores discontinuos en el curso de 4 a 6 horas a 410-450°F.

2) — La estabilidad frente a la oxidación así como la estabilidad del sabor del aceite fue generalmente superior a la del mismo aceite deodorizado en deodorizadores discontinuos.

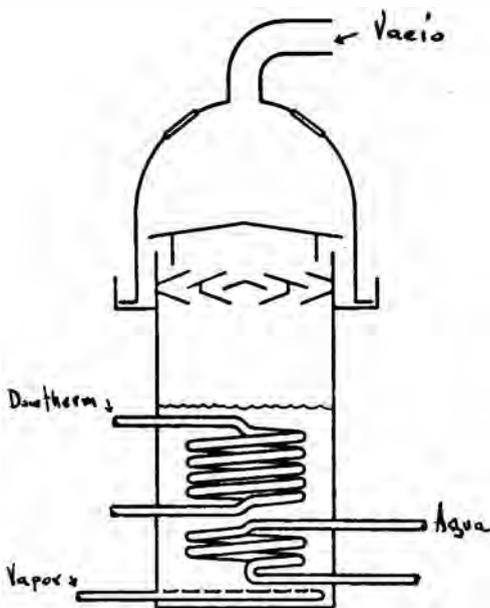
3) — Los aceites hidrogenados pudieron deodorizarse por lo menos a temperaturas tan altas como 500°F, y aceites no hidrogenados, incluyendo el aceite de soya, pudieron deodorizarse por lo menos

tal a to como 450°F sin daño de la estabilidad u otro daño aparente. Puede mencionarse que se requiere una temperatura de 500°F para la remoción efectiva de los constituyentes insaponificables que pueden afectar la estabilidad al sabor de ciertos aceites.

4) — La reducción en el color obtenida en un aceite sin hidrogenar, o en los aceites hidrogenados de semilla de algodón y soya a cualquier temperatura dada fue equivalente en general a la producida por la deodorización discontinua a una temperatura aproximadamente de 10°C (18°F) menor.

5) — La deodorización a 450-560°F bajo las condiciones ya dichas de presión y flujo de vapor, fue suficiente para reducir el contenido de ácido libre a 0.01-0.03% con tal de que el aceite no tuviera originalmente más de 0.30-0.40%.

6) — Las pérdidas de aceite deodorizado parece que consistieron enteramente de material destilado, más bien que de material arrastrado mecánicamente por el vapor, y (a 6 mm. con 3% de vapor) varió de 0.20 a 0.30%, mas los ácidos grasos libres quitados, a 450°F, a 0.7-0.8% mas los ácidos grasos libres quitados, a 500°F. El análisis del destilado del aceite de bajo ácido libre mostró que consistía grandemente (90-98%) de aceite neutral, indicando que hubo una pequeña hidrólisis del aceite durante la deodorización.



Deodorizador y equipo semi-continuos: Los principales componentes del aparato se especifican así: El deodorizador mismo consiste en un casco cilíndrico alto de acero carbonado, dentro del cual se en-

cuentran 5 platos cuadrados super-puestos, cada uno de los cuales es de níquel puro, incluyendo las barreras y el distribuidor de vapor. El calentamiento de níquel o los serpentines de enfriamiento se ponen también donde sean requeridos y cada plato tiene en el fondo una salida cerrada por una gran válvula de goteo de níquel fundido de abertura rápida, a través del cual pueden descargarse rápidamente los contenidos del plato superior, por gravedad, al plato o tanque inmediatamente debajo. Cada plato es en general como una vasija hecha en forma cuadrada y expandida sólo en dos dimensiones; por ejemplo, una profundidad de aceite de 24 in. y un espacio libre de 12 in. se mantiene entre la superficie de aceite y unas barreras, y las dimensiones laterales del plato se aumentan para acomodar las cantidades deseadas de aceite. Ya que las barreras de chapotes son hechas de unidades estructurales repetidas, la relación de peso de aceite o volumen del mismo al área de peso total del vapor es constante para todas las capacidades de plato, y el flujo de vapor se aumenta simplemente en proporción al peso de aceite (o área de superficie). El vapor de cada plato pasa dentro del espacio entre platos y casco. La línea de vapor está cerca a la parte superior del casco, y va a un equipo inyector convencional de 3 pasos, capaz de mantener una presión absoluta de 5 a 6 mm.

Los platos se construyen en tal forma que sostengan aceite equivalente a la mitad de la capacidad por hora de la unidad, y el aceite se mantiene durante media hora en cada plato. Durante la operación, el aceite se bombea periódicamente a un tanque medidor que descarga entre niveles preterdeterminados altos y bajos dentro del plato superior del deodorizador. En este plato el aceite es deareado y calentado a 320-330°F, durante media hora, con vapor. Luego se hace gotear el plato 2 donde, en el curso de una media hora adicional, se calienta a la temperatura de operación con vapor Dowtherm. El aceite caliente se deodoriza durante el curso de dos medias horas en los platos deodorizantes 3 y 4, se enfría en el plato 5, y finalmente se descarga en el tanque de goteo, desde donde se bombea a través de un filtro de almacenamiento. Cada vez que un plato se vacía, se llena inmediatamente desde arriba, ya que hay una continua progresión de aceite a través de la unidad. Dos tercios del vapor de arrastre, que es 3 lbs. por cada 100 lbs. de aceite, se dividen igualmente entre los dos platos deodorizantes. El otro tercio restante, que llega a 1.5 lbs., se divide entre los platos 1, 2 y 5, para la agitación.

Las válvulas de goteo se operan con motor a través de un aparato contador de tiempo, el tanque de medida se carga y descarga automáticamente, y para la temperatura y nivel se tienen también controles, los que se ponen en todos los puntos requeridos; por lo tanto la operación de la unidad se lleva a cabo automáticamente.

Se ganan un número de ventajas soportando los platos con un casco exterior, con un espacio libre entre platos y casco. Este modo de construcción es un simple medio de producir un paso libre para los vapores desde los platos hasta la salida de vacío, asegurando entonces un alto vacío uniforme sobre el aceite en todos los pasos del proceso. Además, el espacio evacuado entre el casco y los platos provee un

buen aislamiento de los últimos y disminuye en forma notoria las pérdidas de calor del aceite. Es además, una forma barata de mantener las superficies de níquel sólo en contacto con el aceite caliente. Ya que la presión de la atmósfera es sostenida por el casco de acero, los platos de níquel y accesorios pueden ser relativamente de construcción liviana. La separación del casco y los platos hace posible la aplicación del método muy eficiente de prevenir el reflujo, y puesto que el condensado cae al fondo del casco, puede recuperarse fácilmente. Por último, la construcción descrita elimina totalmente la posibilidad de entrada de aire al aceite caliente.

Los platos pueden considerarse una serie de deodorizadores continuos en miniatura, en los cuales las operaciones de calentamiento, arrastre y enfriamiento se llevan a cabo simultáneamente. Esta simultaneidad permite, por supuesto, la eficiencia del vapor que en todo momento es buena. Una unidad que opera con una capacidad de 5.000 lbs. de aceite por hora con 125 lb./in² de vapor, y agua a 80°F, requiere lo siguiente:

Vapor para el arrastre	225 lbs./hora
Vapor para el vacío	865 lbs./hora
Agua	155 gal./min.

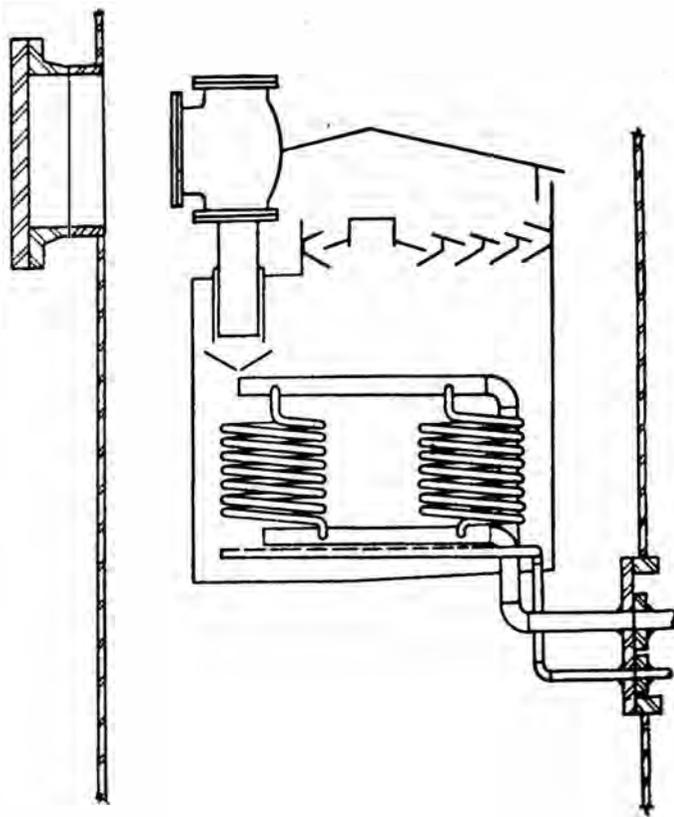
Los requerimientos de calentamiento y enfriamiento dependen de la temperatura y método de operación. Ordinariamente se prefiere calentar el aceite parcialmente con vapor en el primer plato, y completar el calentamiento con Dowtherm en el segundo plato, ya que el tamaño y costo del vaporizador Dowtherm son reducidos. Para calentar el aceite de 130 a 320°F con vapor, se requieren alrededor de 800 lbs. de vapor/hora, y un calentamiento subsiguiente a 450-560°F requiere la operación de un vaporizador Dowtherm con una capacidad de 600.000 Btu./hora. El agua necesaria para el enfriamiento es de 70 gal./min.

Se debe tener un aislamiento suficiente por el espacio evacuado entre los platos y el casco, con el objeto de prevenir una gran pérdida de calor de los dos platos deodorizantes. Si el casco se une, la caída de temperatura en una hora es alrededor de 30°F. Esto se puede reducir indudablemente por el uso de revestimiento externo con listones de madera, ya que los cálculos indican que el aceite se enfría mucho por radiación, más bien que por arrastre con vapor. Es necesario tener el aceite en o cerca de la temperatura de operación a través de todo el período de deodorización. Los serpentines Dowtherm pueden instalarse en uno o ambos platos. No se considera necesario el sobre-calentamiento del vapor de arrastre y se evita deliberadamente en este diseño.

En la figura 78, se presentan ciertos aspectos estructurales del deodorizador propio, con detalle de un plato típico y una sección del casco.

Se debe llamar la atención sobre el uso de "flanges" externos para llevar las líneas de líquido y vapor a través del casco, para permitir la remoción fácil de los platos fuera del casco, y por el hecho de que estos "flanges" dan fácil acceso a las válvulas de goteo.

Una unidad semi-continua, con una capacidad de 4.000 lbs./h., construida y operada esencialmente como se ha descrito, se ha puesto exitosamente en operación durante varios meses.



CAPITULO -V-

SOLIDIFICACION, HOMOGENEIZACION Y ENVASE

Antes de entrar a hablar del proceso a que se somete el aceite hidrogenado para transformarlo en manteca, creemos del caso tratar un poco acerca de ésta. La manteca, hablando en términos generales, se puede dividir en dos ramas de acuerdo con su composición: compuesta e hidrogenada totalmente; la compuesta, como su nombre lo indica, está formada por una mezcla de compuestos animales y vegetales o bien por una mezcla de compuestos vegetales de distinta procedencia; la hidrogenada totalmente proviene de tratamiento de aceites hidrogenados.

La mayoría de las mantecas compuestas contienen entre 80 y 90% de aceites no saturados y la adición de un 10 o 20% de grasa no cambia en mucho las propiedades del aceite. El número de yodo

de una manteca de esta clase es de 90 aproximadamente y contiene cerca del 40% de ácido linoleico.

En cambio una manteca de aceite de semilla de algodón totalmente hidrogenado tiene un número de yodo entre 60 y 65 y el contenido de ácido linoleico no es mayor del 10%.

Existe una clase de manteca que se fabrica a base de manteca de aceite hidrogenado que es especial para galletería y es, en esencia, un compuesto superglicerinado.

Como el caso nuestro comprende el tratamiento de aceite hidrogenado es claro que hablaremos aquí del tipo de manteca hidrogenada.

El objeto que se persigue al manufacturar manteca totalmente hidrogenada es el de reducir la no saturación del aceite a su mínimo para lograr un producto de mayor consistencia; la meta que se busca en la hidrogenación es reducir el ácido linoleico a oleico en lugar de esteárico. Los mejores productos usualmente contienen de 8 a 14% de ácido isoleico y de 3 a 8% de ácido linoléico; el aumento de ácido isoleico es perjudicial. El número de yodo para un producto de esta clase es de 70 y aún de 75.

Para medir la calidad de una manteca deben tenerse en cuenta diversos factores; los principales son: contenido de ácidos grasos, olor, color y sabor, consistencia y estabilidad.

En lo que se refiere a sabor es muy difícil conceptuar puesto que no se puede tener una escala para medirlo. Este inconveniente puede obviarse sin embargo teniendo un buen catador que pruebe la manteca antes de salir de la fábrica. También pueden fabricarse tortas con ella para conocer los efectos que produce al ser empleada para lo que se usa generalmente. El olor también es muy difícil de apreciar. En lo que respecta al color debe procurarse la obtención de un producto blanco; se corre sin embargo el peligro de que al almacenarse la manteca se oscurezca.

La consistencia y plasticidad juegan papel importante en la obtención de un buen producto. No hay métodos especiales para medir la consistencia pero podría emplearse uno recomendado por G. A. Crapple que usa un penetrómetro de Wilson; consiste este aparato en una aguja que pesa unos 97 grs. y tiene divisiones marcadas; se deja caer de una altura de 14½ ins. y se lee la penetración. Después de varias medidas puede apreciarse la manteca de mejor consistencia.

Uno de los factores más importantes es la estabilidad, que no es otra cosa que la resistencia a la oxidación o al desarrollo de rancidez. Se da esta estabilidad en función de las horas que se conserva la manteca sin sufrir alteraciones y bajo ciertas condiciones. Se denomina entonces índice de conservación.

Ya con lo anterior a modo de introducción, podemos entrar a estudiar el proceso a que debe someterse el aceite hidrogenado para convertirlo en manteca que es ya el producto final.

El aceite una vez hidrogenado es sometido a solidificación y homogeneización. El objeto de ellos es producir un sistema de dos fases con un grado alto de interdispersión de cada una de ellas. En el caso de la solidificación las dos fases son las formas líquida y sólida

de la grasa. La homogeneización busca alcanzar un mayor grado de dispersión de estas dos fases.

Los productos grasos solidificados forman en realidad un sólido plástico, excepto a temperaturas extremadamente bajas; un sólido plástico es un cuerpo que exhibe una unión íntima de líquido y partículas sólidas muy pequeñas; el líquido es retenido por capilaridad, entre los bordes de las partículas sólidas y la tendencia de éstas a unirse es la que da al material cierta resistencia a esfuerzos deformantes limitados que es una característica de los cuerpos sólidos plásticos. Naturalmente, las propiedades plásticas de un cuerpo dependen de varios factores, tales como la proporción en que se encuentran las partículas sólidas y el líquido; el tamaño, la distribución y forma de las mismas y su atracción. Debido a que estos factores son afectados enormemente por el modo como se efectúe la solidificación, debe tenerse mucho cuidado en este proceso para obtener un producto de buena calidad.

Solidificación y homogeneización: La manteca tiene una estructura especial; está formada por cristales aciculares que envuelven el aceite. En la solidificación debe buscarse la obtención de cristales del menor tamaño posible para obtener un producto de apariencia suave y de una consistencia firme; esto se logra "congelando" la manteca rápidamente. El aspecto algo opaco que representa la manteca se le da agregándole aire en una proporción de 5 a 20% en volumen; este aire se inyecta en forma de pequeñas burbujas de un tamaño aproximado de 10 a 15 micrones de diámetro.

El primer aparato que se utilizó para solidificar el aceite hidrogenado fue el cilindro "congelador". Este aparato consiste de un cilindro hueco de acero de 4 ft. de diámetro y unos 9 ft. de longitud. Tiene una capacidad aproximada de 5 toneladas en una hora.

El funcionamiento del aparato es el siguiente: está refrigerado enteramente, bien sea por la expansión de amoníaco o por circulación de salmuera fría; el cilindro gira al rededor de su eje horizontal a una velocidad lenta. Desde el tanque de almacenamiento de aceite hidrogenado se lleva hasta una especie de canal del cual lo recoge el rodillo por estar sumergido un poco en él; al cilindro se le adhiere una capa de grasa que se va solidificando a causa de la temperatura baja; en el lado opuesto a aquel por el cual se alimenta, se coloca una cuchilla que raspa la manteca ya solidificada; queda ésta en forma de una hoja delgada y traslúcida; cae esta manteca a un transportador en el cual se le inyecta aire.

La temperatura a la cual entra la manteca para ser solidificada, no debe ser muy por encima de su punto de solidificación para obtener un trabajo más reciente. Al salir del cilindro, una vez solidificada, tiene una temperatura aproximada de 60 a 75°F.

Se alimenta luego la manteca a una bomba de alta presión; esta bomba mantiene una presión que varía entre 300 y 500 lbs./in.². (libras por pulgada cuadrada) en los tubos que llevan la manteca a máquinas empacadoras. Esto se hace con el fin de que la manteca, que no ha sido homogeneizada, forme una masa de consistencia homo-

génea ya que la presión hace que el aire se distribuya bien en toda la masa y no queden porciones carentes de él. Para completar la homogeneización se vacía la manteca por orificios pequeños. Después de esto se lleva a empacar. La envasada se efectúa a mano si se trata de envases grandes, o por medio de una máquina pequeña automática si se envasa en tarros pequeños.

Este sistema ofrece como ventajas el de emplear un equipo relativamente barato y de un manejo muy simple; no obstante ofrece serias desventajas: la principal de todas es la dificultad de obtener un producto uniforme por el sistema un poco burdo de inyección de aire.

En la actualidad ha sido reemplazado el sistema del cilindro por el del "Votador" que obvia las dificultades del anterior. En este aparato la solidificación se efectúa en pequeños cilindros refrigerados externamente, a través de los cuales se bombea la manteca. Dentro de estos cilindros giran unas cuchillas montadas de manera tal que apenas rozan la superficie de ellos; como continuamente están raspando estas cuchillas, se evita la formación de una película inmóvil de grasa aprovechándose una mayor transferencia de calor. Debido a lo anterior un "Votador" con capacidad para 5 toneladas en una hora tiene un área de enfriamiento de apenas 12 pies cuadrados (cuatro cilindros de 4 ins. de diámetro y 46 ins. de longitud) en contraposición de los 113 pies cuadrados de un cilindro refrigerante con la misma capacidad.

Para un entendimiento mejor de este aparato nos vamos a valer de la descripción siguiente: El eje que hace girar las cuchillas es de diámetro grande y por lo tanto el espacio por el cual pasa la manteca es muy pequeño, $\frac{1}{2}$ in. aproximadamente. Los cilindros se refrigeran con amoníaco, a unas 15 lbs. de presión.

La operación se efectúa de la manera siguiente: se alimenta la manteca desde los tanques de almacenamiento y por medio de una bomba rotatoria que mantiene una presión de 300 lbs./in² en los cilindros. El aire que se le va a inyectar se introduce por el punto de succión de la bomba. Para mantener una presión constante en el sistema se coloca una válvula reguladora en el punto de descarga. Inmediatamente después de este punto está un intercambiador de calor agua-aceite, el cual enfría la manteca a una temperatura un poco por encima del punto de solidificación, digamos a unos 110-120°F.; la grasa enfriada se pasa a través de tres recipientes congelantes colocados verticalmente y conectados en serie. En estos cilindros se baja la temperatura a unos 60-70°F. La congelación es tan rápida que la manteca sale en forma fluída; no obstante ya existen dentro de la masa núcleos solidificados y como está sobre enfriada, rápidamente se solidifica en otros cilindros; éstos ya no están refrigerados y son dos, conectados en serie con los congeladores; en éstos se efectúa la solidificación de una manera completa; la temperatura sube un poco debido al calor de cristalización. De estos últimos cilindros pasa a una válvula de homogeneización y luego a otra bomba de presión. Ya de este punto en adelante se pasa al envase.

Un votador de la clase anterior tiene una capacidad de unas 5 toneladas en una hora. La potencia que consume es de 35 H.P. (un motor de 15 H.P. y dos de 10 H.P.); requiere 30 toneladas de refrige-

ración a 15 lbs. de presión (de succión). También hay aparatos más pequeños, de un solo cilindro, y con una capacidad de 1.5 toneladas por hora.

Envase: En Colombia se acostumbra envasar la manteca en latas de 18 lbs. c/u.; no obstante ser tradicional este envase nuestro, nos atrevemos a proponer una modificación en el sentido de envasar la manteca en latas pequeñas de 1, 2, 3 y 5 lbs. También puede envasarse en latas grandes para expendio al por mayor o para establecimientos de gran consumo, pero sería ventajoso envasar en latas pequeñas para el consumo doméstico que es muy grande. El envase puede hacerse en latas de hoja de estaño que es la más usada en estos casos.

Hay dos métodos de envase: a alta presión y a baja presión.

El sistema a alta presión usa un cilindro calibrado que se llena de manteca; mediante un juego de válvulas esta manteca sale al recipiente de envase y vuelve a llenarse el cilindro.

El sistema a baja presión usa el principio de desplazamiento volumétrico. La manteca llega a alta presión del homogeneizador y llega a una especie de tolva que tiene en la parte inferior los cilindros de medida que dejan salir un volumen exacto de producto por medio de la acción de un pistón actuado por un juego de palancas.

La operación se efectúa de la manera siguiente: se coloca la lata vacía en la mesa giratoria que está debajo de la tolva, cuando esta mesa se mueve la lata sube por efecto del movimiento de una palanca hasta la boquilla del cilindro de medida, la misma palanca abre la válvula que deja salir el producto; cuando la lata está llena cae un poco bruscamente lo que hace que la manteca quede ocupando toda la lata sin dejar vacíos. Después esta lata es tomada por un transportador.

NOTA — Hemos incluido aquí los apartes de la tesis detallados a continuación:

CAPITULO IV — REFINACION E HIDROGENACION

Parte Primera — Neutralización.

Parágrafo II — Métodos empleados en la neutralización.

Parte Segunda — Blanqueo.

Parágrafo II — Métodos de blanqueo.

Parte Tercera — Hidrogenación.

Parágrafo II — Práctica industrial para la hidrogenación catalítica del aceite de semilla de algodón.

Parte Cuarta — Deodorización.

Parágrafo II — Métodos de deodorización.

CAPITULO V — SOLIDIFICACION, HOMOGENEIZACION Y ENVASE.