

54



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROCESOS DE MANUFACTURA DE JABÓN A GRAN ESCALA Y SUS
MODIFICACIONES PARA JABÓN TRANSLÚCIDO**

989462
297686

T E S I S

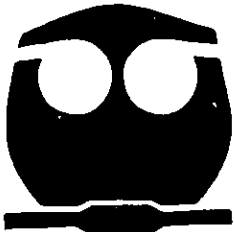
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTAN

JOSÉ LUIS ELECHIGUERRA JOVEN

JORGE ARROYO BOY



MÉXICO, D. F.



2001

**EXÁMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado Asignado:

Presidente	Alejandro Anaya Durand
Vocal	José Antonio Ortiz Ruiz
Secretario	Adela Castillejos Salazar
1er Suplente	Ezequiel Millán Velasco
2do Suplente	José Fernando Barragán Aroche


Sitio donde se desarrollo el tema: Procter & Gamble de México. Planta Talismán

Nombre completo y firma del asesor:



José Antonio Ortiz Ruiz

Nombre completo y firmas de los sustentantes:



José Luis Elechiguerra Joven



Jorge Arroyo Boy

Agradezco sinceramente a quienes me apoyaron económica, académica y moralmente durante mis estudios profesionales: amigos, profesores y seres queridos. Su apoyo y entusiasmo fueron fundamentales para concretar el esfuerzo y escribir esta tesis.

Experimento un profundo sentimiento de gratitud por:

- Mis padres, por haberme respaldado y tenido paciencia en los momentos que por cuestiones académicas me encontraba fuera del hogar. Su devoción y frecuentes muestras de amor me ayudaron a sobrepasar momentos difíciles.

- Mi hermana, Vanesa, por su apoyo y entusiasmo, vivo ejemplo de una estudiante dedicada, que con su excelente trayectoria académica me motivó a exigir más de mí mismo.

- Mi novia, Lety, por su amor, aliento y comprensión durante mis estudios. Su apoyo y paciencia me han dado fuerza e inspirado confianza para alcanzar mis metas con gran éxito.

- Mis profesores, Adela Castillejos, José Antonio Ortiz y Alejandro Anaya, por haberme despertado un gusto fascinante por esta rama de la ingeniería. Su instrucción y dirección fueron determinantes para destacar académicamente.

Jorge

Quiero agradecer, profundamente, a todas las personas que con su apoyo y consejo me guiaron para llegar a este momento. Definitivamente, sin ellos este esfuerzo no se podría haber concretado.

Especialmente, y de corazón, quiero darle las gracias a:

- Mis padres, por ser siempre el apoyo más grande y confiable en mi vida. Por que gracias a ustedes me he convertido en quien soy.

- Mis hermanos Toño, Mary e Iñaki. Porque sin ustedes la vida no sería tan divertida.

- Adriana, por ser la mujer que me ha cautivado y ha llenado mi vida de alegrías y nuevas emociones. Por ser, además, mi mejor amiga y aquella que me ha impulsado a fijarme metas más altas.

- A mis abuelas, por su apoyo durante mis últimos años de estudiante. Créanme que sin ustedes no lo habría logrado.

- Finalmente, quiero darle las gracias a Dios por haberme privilegiado con la propia vida.

José Luis

<i>Prólogo</i>	5
Capítulo 1: "El jabón"	9
La cultura de la limpieza	9
El jabón como tensoactivo	11
La historia	12
La reacción de saponificación	14
Valor de saponificación y valor de neutralización	14
Calor de emisión de la reacción de saponificación.	15
Etapas de la saponificación	15
Etapa de lavado	18
Etapa de neutralización	19
Variables analíticas críticas en el jabón base del proceso de saponificación	19
Electrolito total (%NaCl, %NaOH)	19
Humedad	20
Glicerina	20
Teoría del diagrama de fases	21
La eficiencia de granado	21
Diagrama de fases	22
Fases cristalinas del jabón	24
Capítulo 2: "Materias Primas para la producción de jabón"	27
Grasas y Aceites	28
SATURADOS	29
INSATURADOS	29
Niveles de calidad para el sebo disponible en el mercado	31
Extracción de las grasas.	32
Tratamiento de las grasas empleadas para la saponificación	33
Medidas importantes en las grasas y los aceites	38
Color	38
Índice de Yodo (IV)	38
Titer	38
Ácidos Grasos Reales (R.F.A)	39
Ácidos Grasos Libres (F.F.A)	39
Humedad e impurezas	39
Insaponificables	40
Hidróxido de Sodio	40
Generalidades:	40
Consideraciones de Proceso:	40
Cloruro de sodio (Bajo Calcio)	40
Generalidades:	40
Consideraciones de Proceso:	40
Agua Desmineralizada	41
Generalidades:	41
Consideraciones de Proceso:	41
Tratamiento de Agua Cruda:	41
Parámetros fundamentales de las materias primas empleadas en el proceso de saponificación	44
Capítulo 3: "Procesos para la producción de jabón"	45
Proceso de Saponificación por Lotes	45
Descripción:	45
Diagrama de Bloques:	46
Condiciones de Proceso y Operaciones Unitarias	46
Condiciones de Proceso y Operaciones Unitarias	47
Dosisificación	47

Reacción en Paila	47
Lavados	47
Terminación	48
Proceso de Saponificación en Seco	48
Descripción del Proceso	48
Diagrama de Bloques	49
Condiciones de Operación	49
Operaciones Unitarias	49
Formulación de Jabones Opacos	50
Interacciones Base-Aditivo	50
Efectos pH	50
Interacción Aditivo-aditivo	51
Efectos de Fragancia	51
Consideraciones de Proceso	51
Propiedades Químicas	51
Propiedades Físicas	52
Smear y Wear Rate	52
Resistencia a las grietas	52
Suavidad de la barra	53
Bath Tub Ring	53
Espuma	53
Color	54
Olor	54
Colorantes	54
Fragancias y otros aditivos	55
Emolientes	56
Humectantes	56
Agentes Oclusivos	56
Agentes Dermoabrasivos / Exfoliantes	57
Compuestos Farmacéuticos	57
Anti-irritantes	57
Surfactantes Secundarios	58
Formulación de Jabones Translúcidos	58
Capítulo 4: "El proceso de saponificación continua: Continuous Neutral Fat Saponification Process -SCNC-N-"	63
Factores claves del proceso	64
Balance de materia (Modelo de Wigner)	64
Diagrama del proceso	66
El autoclave y la reacción	69
La separación y el enfriamiento	71
El lavado	72
La columna de lavado	73
Eficiencia de la extracción	74
Ajuste de la proporción NaCl/NaOH	74
Balance de materia y energía para el proceso de CONSAP	77
Balance de materia total	77
Balance de energía	80
Especificaciones de calidad para el jabón base obtenido del proceso de CONSAP	81
Capítulo 5: "Secado"	83
Teoría del Secado	86
Descripción del proceso	87
Almacenamiento de Jabón	87
Tanque Batidor:	87
Tanque intermedio:	88
Intercambiador(es) de calor:	88

Cámara de vacío:	88
Variables críticas en el proceso	89
Jabón adecuado para el proceso:	89
Flujo de jabón:	89
Caída de presión del jabón y el vapor:	89
Vapor adecuado:	89
Capítulo 6: "Líneas de Empaque"	91
Amalgamado	92
Amalgamadores	92
Refinado	93
Molienda	95
Extrusión al Vacío	96
Cortado	98
Estampado	98
Estampadoras	99
Capítulo 7: "Propuesta de Optimización al Proceso Convencional"	101
Propuesta:	102
Bases para la recomendación	102
Ajuste al Balance de Materia de CONSAP	103
Gusano Dosificador Seccionado	103
Gusano Dosificador Seccionado	104
Gusano Dosificador Seccionado	105
Gusano Dosificador Seccionado	106
Gusano Dosificador Seccionado	107
Capítulo 8: "Conclusiones"	109
Características*	110
a) Apariencia	110
b) Detergencia	110
c) Desgaste	110
d) Costo	111
Apéndice 1: Efecto de la humedad en la viscosidad del jabón líquido	112
Apéndice 2: Viscosidad del aceite de coco vs. temperatura	113
Apéndice 3: Calor específico del jabón	114

Prólogo

Hoy en día, la limpieza es parte fundamental de la vida cotidiana del hombre, incluso, en sociedades más primitivas que la nuestra. La limpieza, desde hace varios siglos, ha sido norma de la vida humana y ha participado en el desarrollo de la humanidad. No solamente por higiene sino, también, por influencia social, religiosa y, en última instancia, estética. Es importante destacar que, de hecho, la limpieza como concepto en la historia humana tuvo orígenes religiosos. Fue hasta la aparición de los griegos y los romanos cuando ésta adquirió una connotación estética y, finalmente, hasta finales del siglo pasado cuando se le asoció por primera vez con la salud. Con todos estos matices es un hecho que, en la actualidad, la limpieza es inseparable de la concepción de lo que es la vida moderna. En nuestra sociedad, por ejemplo, es mal vista una persona que no se mantiene limpia y practica una higiene adecuada.

El producto más utilizado para la limpieza humana es el jabón. Históricamente, se constituye como el más antiguo para este propósito y, aunque se encuentra prácticamente disponible en la mayor parte del mundo, aún es carecido en varios países. Cabe mencionar que la ingeniería química ha sido una disciplina fundamental en el desarrollo de este producto, pues gracias a ella, introduciendo operaciones unitarias diversas, su manufactura se ha podido llevar a una escala industrial. Con este panorama, la industria de jabones, aún representa un mercado ampliamente difundido y con un gran potencial comercial, ya que es el producto destinado a la limpieza humana con mayor producción y volúmenes de venta en el mundo. Para el caso de México en particular, la producción de jabones asciende a 200,000 toneladas al año, en distintas variedades y presentaciones.

Paralelamente a la “cultura de la limpieza”, la conciencia ecológica y “naturista” es una de las constantes de nuestra época. Cada vez es más común escuchar hablar de procesos “limpios” y de la preocupación por la producción de productos sin impacto ecológico. Es un hecho que, como nunca antes en la historia de la humanidad, la preocupación por la conservación y perpetuación de los bienes naturales se ha convertido en un parámetro cada vez más importante para el desarrollo tecnológico e industrial. Afín a todo esto, el concepto de naturalidad tiene un gran impacto mercadotécnico al provocar que el consumidor asocie cierto producto con una manufactura “limpia”. Debido a ello, cada vez es más común encontrar productos que exploten este concepto y resalten su carácter ecológico. En la industria jabonera el caso más exitoso lo encarnan los jabones translúcidos. Pues, al combinar aromas frutales con el efecto propagado por la translucidez, generan que el consumidor perciba un producto natural y, por su naturaleza translúcida, intrínsecamente limpio a diferencia de los jabones tradicionales opacos.

Dentro de este contexto, esta tesis pretende describir las modificaciones que deben realizarse al proceso moderno de producción de jabón para lograr la producción en serie y a gran escala de jabones translúcidos. Todo esto, mediante la exposición detallada de la producción convencional y las modificaciones que deben realizarse al proceso para obtener tensoactivos con un alto grado de translucidez.

Es importante hacer notar, que esta clase de surfactantes, pueden ser manufacturados de forma casera utilizando ingredientes muy costosos y procesos poco eficientes que se describen en el capítulo 3. Sin embargo, para la producción en serie de este producto es necesario implementar ciertas e importantes alteraciones a las fórmulas y a los procesos existentes, por lo que el presente documento propone la implementación de algunas modificaciones innovadoras para optimizar el proceso. De esta manera, la manufactura de jabones translúcidos es rentable al sostener la producción frente a los opacos.

Los conocimientos, que durante nuestra formación académica profesional desarrollamos, nos permitieron entender claramente los procesos involucrados en la producción moderna de este producto, y proponer entonces, las modificaciones necesarias para manipular la estructura cristalina del jabón y obtener una forma translúcida.

Es importante, antes de entrar en materia en lo que son los jabones translúcidos, informar al lector del proceso más moderno de manufactura a gran escala ya que, con una visión más amplia de la manufactura del jabón, será capaz de comprender de mejor manera la diferencia entre los jabones opacos y los translúcidos. Esto incluye el que desarrolle, mediante una exposición detallada, el conocimiento suficiente de qué es y cómo se comporta el jabón. Para ello, la tesis se divide en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: “El jabón”. En este capítulo el lector podrá encontrar los antecedentes históricos de la producción de jabón y con ello obtener una visión más amplia del por qué de su importancia y, aunado a esto, lo que ha representado la “cultura de la limpieza” en el desarrollo humano. Encontrará, también, una descripción amplia de la reacción de saponificación, así como un acercamiento termodinámico y evaluación de las variables críticas de la reacción. Como parte fundamental del capítulo, el lector podrá conocer la estructura del jabón en fase líquida y en fase cristalina para entender las diferencias fundamentales entre un jabón opaco y uno translúcido.
- Capítulo 2: “Materias primas para la producción del jabón”. La calidad del producto terminado se encuentra estrechamente ligada a la calidad, las características y el tipo de las materias primas que se utilicen para su producción. Por esta razón, durante el capítulo, se expondrán cada una de las materias primas necesarias para el proceso de saponificación continua sin hacer distinción, aún, de los materiales necesarios para el jabón translúcido.
- Capítulo 3: “Procesos para la producción de jabón”. En esta parte de la tesis se dan a conocer de manera sencilla los procesos actuales para la producción de jabón a gran escala. Se incluye un apartado especial para las formulaciones y procesos caseros para la producción de jabones translúcidos. En esta parte es donde el lector podrá darse cuenta de las diferencias fundamentales en ingredientes entre un jabón translúcido y uno opaco.

- Capítulo 4: "El proceso de saponificación continua: Continuous Neutral Fat Saponification Process -SCNC-N-". En este capítulo se explica de manera detallada el que resulta ser, en la actualidad, el proceso más eficiente para la saponificación. Se incluye un análisis extensivo de los equipos que lo conforman y de las variables más críticas en esta etapa junto con un balance de materia y energía para la base de 100 kg/h con las especificaciones comúnmente empleadas en este proceso.
- Capítulo 5: "El Secado". Una de las operaciones unitarias fundamentales dentro de la industria jabonera es el Secado. En esta sección, al igual que la anterior, se detalla todo el proceso. Cabe destacar que, en este proceso, es en donde se tienen que llevar a cabo las primeras modificaciones para la obtención de jabón translúcido.
- Capítulo 6: "Línea de estampado y empaque". Con esta descripción se concluye el proceso de manufactura de jabón. En esta etapa se realizan modificaciones importantes al proceso convencional y es, en última instancia, donde se logra la translucidez final del producto.
- Capítulo 7: "Propuesta de optimización al proceso convencional". En este capítulo presentamos una propuesta de optimización para la manufactura de jabones translúcidos mediante un nuevo balance de materia en el proceso de CONSAP y modificaciones de equipo en el proceso de refinado.

Finalmente, se presenta el capítulo 8 en donde se muestran las conclusiones del trabajo y se realiza una comparación final entre dos fórmulas de jabón: uno translúcido y una opaca. Con toda esta información el lector será capaz de comprender, de manera extensa, el proceso total para la producción de jabón identificando claramente las diferencias entre el jabón opaco y el translúcido. Genéricamente, esta tesis es el resultado de una revisión exhaustiva de la tecnología y los procesos existentes. A lo largo del documento se utiliza una notación uniforme y se incluyen diagramas de fases, equipos y procesos que facilitan la comprensión del mismo.

Ciudad de México, a 27 de agosto del 2000.

Jorge Arroyo Boy

José Luis Elechiguerra Joven

Capítulo 1: “El jabón”

La cultura de la limpieza

La razón principal para la utilización de jabones y otros agentes tensoactivos es que, gracias a su acción depresiva de la tensión superficial y a su naturaleza anfífilica, son capaces de remover la suciedad de diferentes y variadas superficies. Desde hace muchos años, el hombre ha identificado grandes ventajas al mantenerse limpio. Quizá el motivo más importante para hacerlo lo ha significado el relacionar la limpieza con la salud ya que es claro, para todos nosotros, que se encuentran íntimamente relacionadas.

Sin la adición de estos tensoactivos el agua es, en términos comparativos, un agente humectante débil. Sólo mejorando esta propiedad es posible hacer que las partículas de suciedad se separen de la superficie a la que están adheridas y migren hacia el agua para ser removidas junto con ésta (Fig. 1). Este es el efecto básico del proceso de lavado.

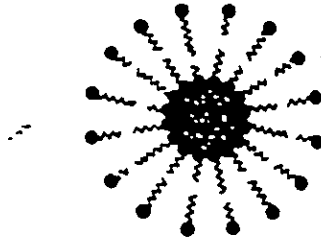


Fig. 1 Cubierta de una partícula mineral por una doble capa de moléculas de detergente.

Los agentes depresores de la tensión superficial, también conocidos como tensoactivos o surfactantes, se pueden dividir en diversos grupos dependiendo de sus aplicaciones: detergentes, agentes humectantes, agentes dispersores (defloculantes), emulsificantes, estabilizadores de espuma (ácidos grasos libres), etc. En la Fig. 2 se observa como se abate la tensión superficial en una molécula de agua.



Fig. 2 Con la adición de un compuesto tensoactivo, la estructura esférica se colapsa.

La historia de los compuestos surfactantes producidos por el hombre comienza con el jabón. Otros productos con propósitos similares no aparecieron sino hasta la segunda mitad del siglo XIX. Por ejemplo, aceite de castor sulfonado y el primer surfactante enteramente sintético, "Nekal A", de naftaleno, alcohol isopropílico y ácido sulfúrico. Fue producido por primera vez en 1916 y es el primero de los numerosos surfactantes sintéticos existentes hasta el día de hoy.

El jabón como tensoactivo

La molécula de jabón consiste de una cadena de carbonos derivada de un ácido graso en la cual el hidrógeno terminal del grupo hidroxilo del ácido graso ha sido sustituido por un átomo altamente hidrofílico, generalmente: el sodio. La cadena de carbonos está orientada en un patrón de zig-zag. Por sí misma es plana, con una amplitud de 2.52 Å, es decir, 2.52×10^{-10} m. A continuación se presenta una ilustración con lo que es la molécula de jabón generada por la saponificación del ácido oleico (Fig. 3):

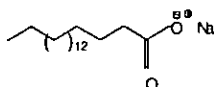


Fig. 3 Molécula de jabón de ácido oléico.

La molécula contiene componentes de propiedades considerablemente diferentes. La cadena de hidrocarburo muestra afinidad con compuestos insolubles en agua, como son: hidrocarburos, aceites grasos, solventes orgánicos y otros. En otras palabras, la cadena de hidrocarburo es lipofílica. El átomo terminal de sodio, por otro lado, al ser hidrofílico, muestra la naturaleza opuesta. Es atraído por agua y compuestos solubles en ella. De manera que la molécula de jabón, por poseer dos sistemas con propiedades contrastantes, es afín tanto a sustancias lipofílicas como hidrofílicas. Una molécula con esta estructura se caracteriza como anfifílica.

Como se puede ver en la estructura, los portadores de estas propiedades tan contrastantes se localizan alejados unos de otros permitiendo la utilización de ambas propiedades de manera simultánea. Así pues, la actividad hidrofílica y lipofílica puede ser controlada con base en la longitud de la cadena de hidrocarburo. La localización del átomo de sodio y sus propiedades intrínsecas están fijas. Si se sustituye una cadena larga entonces la molécula de jabón será más lipofílica que hidrofílica, en el caso contrario, con un esqueleto de hidrocarburo corto, la solubilidad en agua dominará. Una mezcla de ácidos grasos conteniendo entre doce y dieciocho átomos de carbono produce un jabón que puede ser utilizado efectivamente en un amplio rango de temperaturas (20°C-40°C) y en agua con un amplio rango de dureza.

La historia

El jabón es probablemente el producto para la limpieza humana más antiguo y, a pesar de que prácticamente se encuentra disponible en la mayor parte del mundo, es carecido en algunos países.

La referencia literaria más antigua que nos habla de la existencia del jabón nos relata el lavado de la madera y se encuentra en unas tablas sumerias de unos 2,500 años antes de Cristo. El sumerio fue un lenguaje hablado en el área de los ríos Tigris y el Eufrates, actualmente el sudoeste de Iraq.¹ Otra tabla sumeria, que data del año 2,200 antes de Cristo, menciona la fórmula para producir un primitivo jabón: agua, álcali y aceite de acacia.

Evidentemente, la limpieza es esencial para nuestra vida. Un cuerpo limpio, un hogar limpio y, en general, un ambiente limpio son la norma de nuestros días. Sin embargo, el concepto de la limpieza en la humanidad tuvo orígenes religiosos.

Para los antiguos hebreos, el valor de la limpieza para la salud fue reconocido y leyes fueron instituidas para promover el lavado de las manos antes de comer, y las manos y los pies antes de entrar al templo. Además de promover la limpieza espiritual. Existe, de hecho, una frase rabínica que nos dice: "La limpieza física permite la pureza espiritual". Sin embargo, la limpieza no siempre se encontró cerca de la divinidad. Por siglos el baño formó parte de rituales y significaciones religiosas y fue disociado de la limpieza. Existen tres pasajes en el Antiguo Testamento en que la palabra jabón es mencionada, sin embargo no son evidencia de la existencia del jabón como lo conocemos ahora, pues probablemente estos pasajes en la Biblia sean metáforas sobre la limpieza espiritual y una purificación religiosa.

Los antiguos egipcios también tenían rituales religiosos que demandaban la limpieza. Las cabezas de sus sacerdotes eran afeitadas y lavadas varias veces en un día. Practicaban además el baño con arena y aceite. Los griegos, por su parte, fueron los primeros en bañarse por razones estéticas a pesar de que no tenían leyes religiosas referentes a la limpieza. "Mente sana en cuerpo sano" era uno de sus principios. Incluso, en el tiempo de Sócrates (469- 399 a.C.), ya existían baños públicos en Atenas. Los romanos, a su vez, fueron constructores de un gran número de baños públicos y se empeñaron en la limpieza corporal. Los grandes baños públicos en Roma se convirtieron en lujosos centros de reunión y el baño se constituyó como algo muy popular. El Imperio Romano construyó un gran número de acueductos para proveerse no sólo de agua para beber sino, también, para lavarse y limpiarse.

¹ SPITZ. "Soap technology for the 1990's". American Oil Chemists' Society. Champaign, Illinois. 1990

En general, para los romanos y los griegos, lavarse consistía en tomar baños calientes. A pesar de sus deseos de limpieza, el Imperio Romano fue azotado por severas plagas y pestilencias de su tiempo. Cuando los bárbaros tomaron el territorio dominado por los romanos, todos los acueductos, baños y drenajes públicos fueron destruidos.

Durante la Edad Media, una era llamada "mil años sin baño", millones de personas murieron en las ciudades por falta de higiene. La Muerte Negra de 1348 acabó con el 25% de los habitantes de Italia, España, Francia, Alemania e Inglaterra.

En realidad, nadie sabe con precisión cuándo fue descubierto por primera vez el jabón, pero todos los estudiosos del tema consideran que su descubrimiento fue meramente accidental. De acuerdo a una leyenda romana, el jabón fue descubierto en el Monte Sapo, lugar en donde se llevaban a cabo sacrificios de animales. Cuando llovía, la grasa animal, remanente de los sacrificios, se mezclaba con restos de madera y era arrastrada por las laderas de la montaña. Las lavanderas romanas se percataron de que, con las aguas amarillas provenientes del Tíber, su ropa quedaba hermosamente limpia.

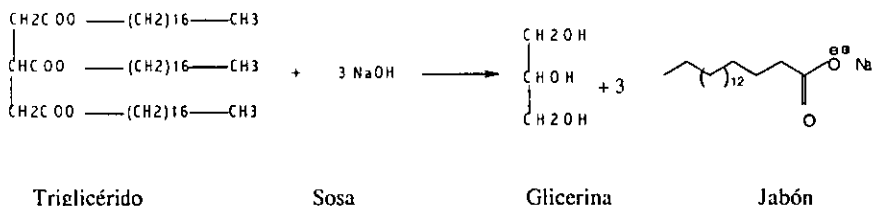
Otra teoría propone que los antiguos galos en su esfuerzo por extraer aceite del sebo se encontraron accidentalmente con el jabón. La excavación de Pompeya, una ciudad destruida por la erupción del volcán Vesuvio en el año 79 d.C., reveló la existencia de lo que parece ser una fábrica completa de jabón. El historiador romano Plinio el viejo, fue el primero en mencionar el jabón en su "Historia Natural" alrededor del año 70 d.C. Él indicaba que los romanos obtenían jabón de las Galias. Se cree que los fenicios fueron los primeros en convertir la producción del jabón en un arte. Los árabes, turcos, vikingos y celtas fueron capaces de producir jabón. Los celtas, alrededor del año 1,000, introdujeron en Inglaterra el proceso para la fabricación de jabón.

Desde que la producción del jabón depende de grasas y aceites hirvientes con álcali, la obtención del jabón comenzó en los países mediterráneos donde el aceite de oliva es muy abundante y una planta llamada Barilla, de donde se puede obtener el álcali necesario.

En el siglo IX Marsella, Castilla y Savona, se consolidaron como grandes centros productores de jabón. En el siglo XII, Bristol se consolidó como el centro jabonero más importante de Inglaterra. Sin embargo, los impuestos sobre los diferentes jabones eran muy altos, y no fue sino hasta el siglo pasado cuando su comercialización fue masiva. Fue hasta 1790, cuando Nicolás Leblanc descubrió el proceso para producir sosa cáustica a partir del cloruro de sodio, y 1823, cuando Michel Chevreul descubrió la naturaleza química de las grasas, cuando la industria jabonera logró consolidarse y llegar a nuestros días.

La reacción de saponificación

A la reacción que da origen al jabón se le conoce como reacción de saponificación. Eligiendo por ejemplo al triglicérido del ácido esteárico como el material graso, la reacción de saponificación ocurrirá de la siguiente manera:



La grasa reacciona con el álcali para liberar un mol de glicerina y tres moles de jabón por cada mol de triglicérido reaccionante. Sin embargo, la saponificación puede ser llevada a cabo de otras dos maneras, utilizando directamente un ácido graso (como el ácido esteárico) con sosa cáustica o un ácido graso con carbonato de calcio. Los materiales en bruto que se usan para la saponificación son generalmente impuros pero bien definidos químicamente. Los datos analíticos seguros sobre grasas y las mezclas de grasas nos permiten calcular la cantidad de sosa requerida. Estos datos son conocidos como el valor de saponificación y el valor de neutralización.

Valor de saponificación y valor de neutralización

El valor de saponificación se define como la cantidad de Hidróxido de Potasio (KOH) necesaria para la saponificación completa de 1 g de grasa. El valor de neutralización es el valor analítico correspondiente a la cantidad de ácidos grasos libres (%FFA) presentes en la grasa neutralizada. Aquí, el procedimiento usual consiste en convertir el valor de neutralización en por ciento de FFA expresado como ácido oléico. Cada valor de neutralización corresponde a 0.503 por ciento de FFA calculado como ácido oléico.

Los equivalentes de neutralización y saponificación indican cuántos gramos de ácido graso y grasa, respectivamente, pueden ser saponificadas por un mol (56.104 g) de KOH.

Calor de emisión de la reacción de saponificación.

Siendo exotérmica, la reacción de saponificación está acompañada por la generación de calor. La cantidad de calor envuelta durante la saponificación de grasa neutra se compone del calor liberado por la hidrólisis del triglicérido y el calor liberado por la neutralización de los ácidos grasos formados mediante la reacción. El calor evolucionado por la hidrólisis de 1 mol de triglicérido equivale a 18 calorías, mientras que 14 calorías se generan durante la neutralización de 1 mol de ácido graso. De aquí en adelante la generación total de calor asociado con la saponificación de 1 mol de triglicérido asciende a cantidades de $18 + (3 \times 14) = 60$ calorías. Por ejemplo, cuando se saponifica 1 kg de una mezcla grasa, con un valor de saponificación de 210 y consistiendo de 80% sebo y 20% aceite de coco para producir jabón, la generación de calor será de 75 kcal.

En métodos modernos de saponificación donde la saponificación tiene lugar en aparatos cercanos y frecuentemente a temperaturas más altas que 100 °C, estos valores se usan para calcular la temperatura de los materiales en bruto a fin de obtener una temperatura adecuada para la mezcla de reacción.

Etapas de la saponificación

Los dos componentes, grasa y sosa cáustica, no son solubles el uno en el otro en el sentido normal de la palabra, pues existe una solubilidad mutua muy delgada. La mezcla de reacción, así, tiene que ser considerada heterogénea.

Un triglicérido se compone de una molécula de glicerina y tres moléculas de ácidos grasos. Durante la primera etapa de la reacción hay una hendedura gradual del triglicérido, siguiendo la sucesión a diglicérido, monoglicérido y, finalmente, ácidos grasos y glicerol (glicerina). La reacción con el álcali no puede tener lugar hasta que los ácidos grasos se encuentren disponibles. El producto de reacción es el jabón. El proceso de saponificación puede dividirse, entonces, en tres de etapas:

- a) La etapa inicial
- b) La etapa autocatalítica
- c) La etapa final

Es sabido que la reacción es muy lenta en su fase inicial, luego se observa un incremento rápido en la velocidad de reacción (etapa autocatalítica), lo que procura la saponificación de la mayor parte de la grasa. En la etapa final de la reacción la velocidad de la reacción vuelve a ser lenta.

a) Etapa inicial.

La solubilidad de los dos reactantes es mínima aunque, sin embargo, existe. Por lo tanto la reacción que tiene lugar en la etapa inicial está restringida a esta pequeña fracción homogénea del sistema, iniciándose en las interfases. Es el tamaño de las interfases lo que determina la velocidad de la reacción en la etapa inicial. Por ser un buen emulsificante de grasas en agua, el jabón formado durante la reacción provoca un incremento en el tamaño de las interfases, con la consecuente aceleración de la velocidad de la reacción. Un exceso de sosa u otros electrolitos puede reducir la solubilidad del jabón en fase acuosa, deteriorando así su eficiencia emulsificante.

La velocidad de saponificación es mayor en grasas que contienen, además, ácidos grasos libres por el contrario de triglicéridos puros. Dentro de los sistemas comerciales de fabricación de jabón, los procesos MONSAVON han adoptado el proceso de saponificación por emulsión.² Utilizando un autoclave que incluye un poderoso molino coloidal, grasa y lejía son emulsificados, produciendo una emulsión agua-en-aceite. Este tipo de emulsión se forma dado que la concentración de la sosa cáustica es alta (por lo menos 30%).

b) Etapa autocatalítica

Como se puede inferir esta etapa se caracteriza por que la emulsión jabón-lejía-grasa se vuelve transparente, pareciendo bastante homogénea a pesar de contener cantidades considerables de grasa sin saponificar. La razón de ésto es que la grasa se solubiliza en las micelas de jabón o en los cristales de líquido. Una vez que ambos reactantes se han solubilizado en las micelas o en los cristales líquidos la reacción se puede considerar como homogénea, llevándose a cabo en una solución verdadera. Hay un incremento en la velocidad de reacción hasta que toda la grasa ha sido absorbida, lo que sucede cuando cerca del 50% de la reacción se ha efectuado. La velocidad de reacción comienza a decrecer mientras entra a la etapa final, que se caracteriza por un 90% de avance. Se le llama proceso autocatalítico ya que el producto obtenido funciona a su vez como medio de reacción. La etapa autocatalítica de saponificación es usada técnicamente. En el proceso de producción de jabón diseñado por Alfa-Laval y MAZZONI, estas fuerzas físicas son utilizadas a través de la inyección de grasa a una corriente de jabón recién formado, causando que la saponificación se inicie en la región de mayor pendiente de la curva tiempo vs. saponificación³ (Fig. 4).

² F. LACHAMPT & R. PERRON. "Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids". Vol 5. Pergamon Press. London. 1958

³ F.T.E. PALMQVIST. "Soap, Perfumery & Cosmetics". 33,1960.

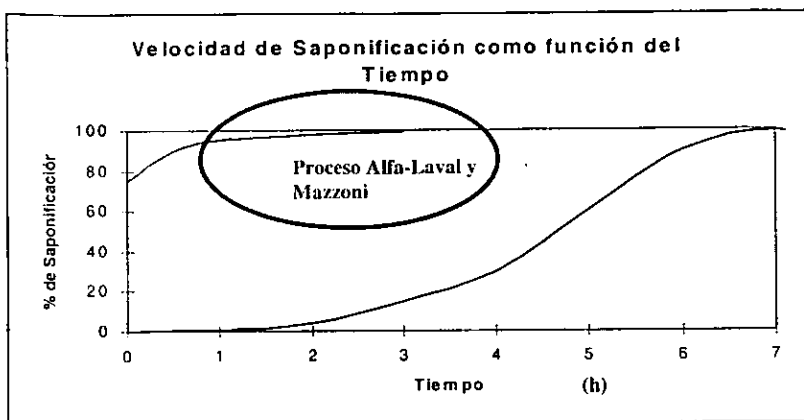


Fig. 4 Gráfica de velocidad de reacción en función del tiempo

El uso eficiente de las fuerzas de solubilización hace posible reducir el período de saponificación de varias horas a sólo unos 45 minutos en el proceso de emulsificación y de unos 2 minutos en el proceso de solubilización, que no requiere el molino coloidal pero sí una mayor concentración de álcali (sosa cáustica 50%).

c) Etapa final

Conforme la reacción se aproxima a su punto final, la concentración de los reactantes decrece, causando un empobrecimiento de material sin reaccionar en las micelas o los cristales líquidos en los que la reacción se ha llevado a cabo. Consecuentemente, la velocidad de reacción disminuye.

Componentes grasos difíciles de saponificar como los ésteres de alcoholes diferentes al glicerol se pueden concentrar en la "cola" de la reacción. Se ha demostrado que la última etapa se puede cortar. En el proceso de Alfa-Laval esto se hace añadiendo primero el álcali a la masa de jabón recirculante. El álcali es homogeneizado junto con el jabón, causando un movimiento del equilibrio de reacción hacia una completa saponificación de las grasas remanentes. Enseguida la grasa es inyectada a la masa completamente saponificada. Se ha demostrado que al inyectar la grasa de manera separada el grado de saponificación que puede ser obtenido a un tiempo dado es mayor que si se inyectan la grasa y el cáustico simultáneamente.

Un factor importante en la reacción de saponificación es la cantidad de electrolito de la mezcla reaccionante. El efecto de un exceso de electrolito en el proceso de saponificación varía de acuerdo a la etapa del proceso. En la etapa inicial, cuando existe una gran y clara interfase, un pequeño exceso en el electrolito es saludable. Por otro lado, si el exceso sobrepasa límites específicos produciría granulación que va en detrimento para la formación de la emulsión.

De acuerdo a las investigaciones de McBain, la velocidad de reacción se incrementa durante la etapa autocatalítica después de la adición de electrolito en cantidades en que los niveles de sal en el jabón no se vean afectados significativamente. La razón de esto es, obviamente, a un incremento en la formación de micelas debido a la adición del electrolito.

Cuando un exceso de sal ocurre se presenta una caída en la velocidad de reacción y esto es seguido por un nuevo incremento en los valores del electrolito. Estas consideraciones han sido utilizadas como ventaja en los procesos de Sharpeles, MAZZONI y Meccániche Moderne. Grasa y sosa son añadidos a una mezcla de lejía media y jabón altamente granulado, de esta manera se asegura mantener una alta velocidad de saponificación. La etapa final del proceso será más rápida y completa a bajas concentraciones de electrolito sobre todo si la concentración de jabón es baja. Si el jabón se encuentra altamente concentrado, como generalmente sucede en procesos continuos, un ligero exceso de electrolito en forma de álcali es necesario para llevar la reacción a su fin en un corto período de tiempo.

Por lo que se refiere a la concentración de jabón, si esta es muy baja, por debajo de la concentración micelar crítica (CMC) la velocidad de reacción es baja. Una vez que la concentración de jabón permite la formación de micelas, éstas solubilizan la grasa insaponificada provocando que la velocidad de reacción se incremente. Por otro lado, cuando la concentración de jabón es muy alta, se permite la formación de cristales líquidos de jabón y esto permite obtener velocidades de saponificación muy altas, dado que éstos actúan como un medio para la reacción. Ambos reactantes son solubilizados y la reacción se considera homogénea.

Etapa de lavado

Una vez que se ha conseguido un jabón con un alto grado de saponificación y con un electrolito total adecuado, la siguiente etapa consistirá en el lavado, cuyos propósitos fundamentales son: recuperar la glicerina liberada por la saponificación y remover los excesos de NaCl, NaOH e impurezas.

Cuando se utilizan ácidos grasos como materia prima en el proceso de saponificación la recuperación de glicerina no existe. El principal propósito aquí será obtener un efecto purificador. Se utiliza como lavado lejía fresca cuyo electrolito es un solvente eficiente para compuestos hidrofílicos que podrían actuar como vehículos para colores, olores o sabores.

El lavado se lleva a cabo, como se mencionó antes, a través de una solución de electrolito (NaCl y NaOH) que está lo suficientemente concentrada para que la glicerina se disuelva y el jabón permanezca intacto. Para obtener una buena extracción de las impurezas, la concentración de electrolito debe encontrarse en las cercanías de la

vecindad del límite de concentración ⁴. Tan lejos se encuentre la desviación del límite de concentración tan fuerte será el efecto de floculación de las impurezas coloidales que permanezcan en la fase del jabón a pesar de haber sido lavado por la lejía utilizada. Es necesario en muchas ocasiones realizar repetidos tratamientos de lavado para asegurar una eficiente remoción de la glicerina y las impurezas. Hágase referencia a la teoría del diagrama de fases.

Los métodos utilizados para determinar el número de etapas en una extracción líquido-líquido pueden ser aplicados para la extracción de glicerina en el jabón. Se puede emplear el método gráfico de McCabe y Thiele.⁵ Dentro de los métodos numéricos la fórmula sugerida por L. Alders puede ser de utilidad.⁶

Etapa de neutralización

Una vez que se ha conseguido un jabón prácticamente libre de glicerina e impurezas es necesario neutralizar el electrolito que aún queda en exceso proveniente del lavado. Esto se logra mediante la adición de, por ejemplo, ácidos grasos, grasas saponificables o compuestos que al reaccionar con la sosa cáustica sobrante producen compuestos con un agente de granulación bajo (contribución al electrolito total baja). Para una correcta neutralización es necesario asegurar una buena dispersión del agente neutralizante, comúnmente se emplean turbodispersores o equipos que promuevan una alta agitación.

Variables analíticas críticas en el jabón base del proceso de saponificación

Las características finales del jabón base, nombre comúnmente asignado al jabón producido hasta esta etapa, se encuentran determinadas fundamentalmente por los contenidos de sal, cáustico, humedad y glicerina, y de ellos dependerá la fase, tanto líquida como cristalina, que el jabón tendrá. Hágase referencia a la teoría de fases. De ahí que conocer los niveles de cada uno de ellos en el jabón es de suma importancia.

Electrolito total (%NaCl, %NaOH)

El electrolito total (%ET) es una cantidad fundamental para contar con el índice de granado adecuado para poder llevar a cabo la separación de fases en el proceso de saponificación. De él dependerá la calidad del jabón obtenido durante la saponificación, ayudando a aumentar la densidad del jabón y, a su vez, de él dependerá también la eficiencia del lavado. Asimismo, de esta variable, principalmente, dependerán las características de procesabilidad ya que afectan propiedades como la viscosidad y dureza del material.

⁴ F. MERKLEN. "Etude sur la constitution da savon du commerce". Marsella, 1906

⁵ SRM. ELLIS. "Perfumery & Essential oil Records". Nov. 1996.

⁶ L. ALDERS. "Liquid-Liquid extraction". Elsevier Publishing Company. Amsterdam.

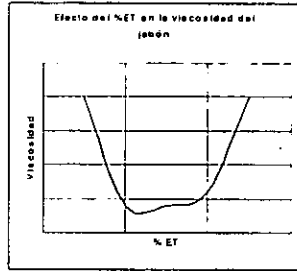


Fig. 5 Efecto del % de electrolito en la viscosidad del jabón

Es importante, también, resaltar que el contenido en sal y cáustico en el jabón base afectan de manera determinante a los procesos subsecuentes de manufactura como son el secado y las líneas de producción. Para el caso de secado es fundamental, a fin de conseguir una operación estable, que la viscosidad del jabón sea uniforme y lo más constante posible, por lo que variaciones en la cantidad de electrolito ocasionan variaciones en la viscosidad del jabón y por lo tanto variaciones en el proceso de secado. Para el caso de las líneas de producción uno de los atributos más importantes para la buena procesabilidad del jabón es la dureza del material, y ésta se encuentra influenciada significativamente por el contenido de sal en el jabón, por lo que variaciones en el contenido de sal afectarán la dureza del jabón y por lo tanto la facilidad de estamparlo.

Humedad

El contenido de agua en el jabón base también juega un papel importante en la calidad del producto. Como ya se mencionó, el agua en el jabón es un componente fundamental de la fase en la que el material se encontrará, ya que no podemos desligar el concepto de %ET del de %H₂O, ya que la concentración de electrolito dependerá, a su vez, de la concentración de agua. El efecto de la cantidad de agua también contribuirá a la cristalización del jabón en tal o cuál fase; por ejemplo, a mayor contenido de agua la fase favorecida para la cristalización será la omega. Sobra decir que variaciones en la humedad del jabón base ocasionarán variaciones significativas en el proceso de secado.

Glicerina

La glicerina es uno de los productos que se obtienen durante la reacción de saponificación de un triglicérido. Es de suma importancia recuperar la mayor cantidad de glicerina posible para que ésta sea refinada, ya que su valor comercial es alto. Sin embargo, los contenidos adecuados de glicerina en el jabón base también son importantes, ya que afectan propiedades como la viscosidad del material. Sin embargo, es importante respetar los valores que han demostrado ser los óptimos para la operación de los procesos subsecuentes al de saponificación continua. Valores de glicerina altos, independientemente de representar una pérdida económica considerable, ocasionan problemas en la procesabilidad del jabón.

Teoría del diagrama de fases⁷

El proceso para la producción de jabón consta de cinco componentes y, estrictamente hablando, para representarlo se necesita de un diagrama de cinco componentes. Sin embargo, es posible simplificarlo a un diagrama de tres componentes. Los componentes son el jabón; el electrolito total, que es una combinación lineal del cloruro de sodio y el hidróxido de sodio presentes; y el solvente, compuesto linealmente de una combinación de glicerina y agua. Las propiedades de los jabones en estado líquido varían de acuerdo a la cantidad de electrolito que contienen, la concentración y la temperatura.

La eficiencia de granado

La lista simplificada de componentes del diagrama incluye los siguientes:

(J) Jabón

(S) Solvente

(E) Electrolito

y las combinaciones lineales se definen como:

$$M^E = z^{\text{NaCl}} M^{\text{NaCl}} + z^{\text{NaOH}} M^{\text{NaOH}}$$
$$M^S = M^{\text{H}_2\text{O}} + M^{\text{Gli}} - (1 - z^{\text{NaCl}}) M^{\text{NaCl}} - (1 - z^{\text{NaOH}}) M^{\text{NaOH}}$$

Donde z se define como la EFICIENCIA DE GRANADO. Este término nos indica la cantidad de electrolito necesaria para desplazarnos una distancia determinada en el eje de las x sobre el diagrama de fases. Generalmente los valores de z^{NaCl} y z^{NaOH} son 1 y 1.25 respectivamente. Por lo que la primera ecuación nos dice la cantidad total de electrolito presente en la mezcla, mientras que la segunda determina la cantidad total de solvente presente.

Es importante mencionar que la eficiencia de granado o índice de granado también se puede entender como la habilidad de proporcionar los lavados de lejía con el contenido correcto de electrolito para permitir la separación adecuada de la fase jabón y la fase lejía. El granado, en esencia, es la manera de romper con la emulsión que se forma entre jabón y agua mediante la adición de electrolito.

El jabón es como cualquier otro tensoactivo, cuando las concentraciones de electrolito se incrementan en un rango particular, la emulsión pierde estabilidad, ya que el electrolito afecta la solubilidad del jabón en el agua, lo que produce la separación de fases.

Cabe destacar que finalmente la cantidad de electrolito necesaria dependerá de qué tan soluble sea el jabón, por lo que un jabón de sebo necesitará una cantidad mucho menor

⁷ SPITZ, "Soap technology for the 1990's". American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois, 1990

de electrolito que un jabón de coco, ya que el sebo al contar con un mayor número de cadenas de ácidos grasos grandes (oléico) es menos soluble que el coco.

Diagrama de fases

En este diagrama se grafica el %Jabón (ordenadas, y) contra el % Electrolito total como NaCl (abscisas, x). La figura muestra las siguientes fases:

Una Fase	Dos fases	Tres fases
A: Jabón	M: Cera de Paila- Lejía	Q: Jabón-Nigre-Lejía
B: Jabón de calidad media	N: Jabón-Nigre	R: Jabón-Cera de Paila-Lejía
D: Nigre	P: Jabón-Lejía	
L: Lejía	S: Nigre-Lejía	
J: Cera de Paila		

El diagrama que se presenta a continuación considera una temperatura de operación de 100°C:

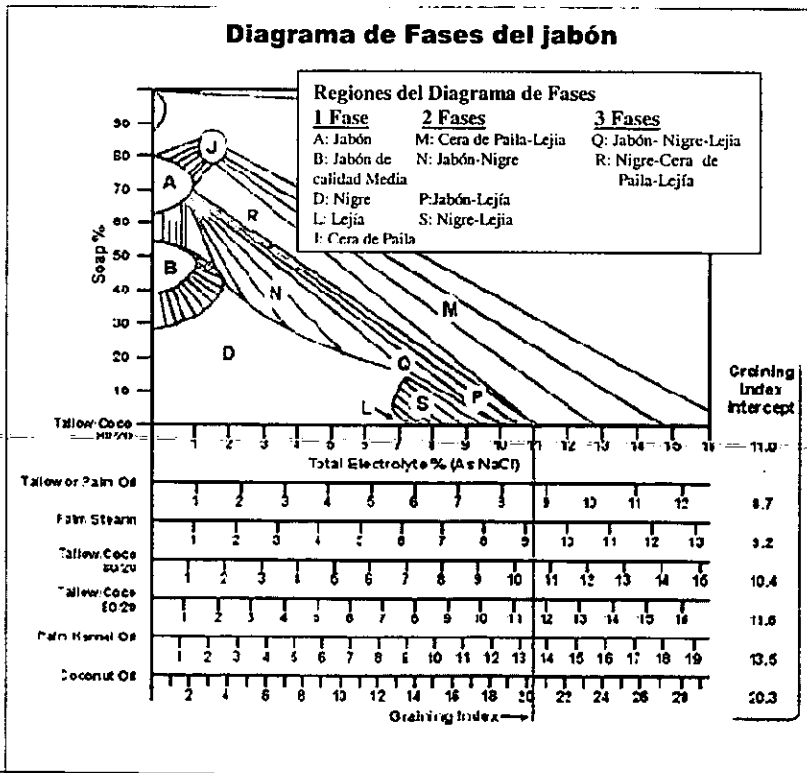


Fig. 6 Diagrama de Fases del Jabón

Los valores en el diagrama (Fig. 6) para el eje de las x (Electrolito) dependen de la distribución de cadenas de ácidos grasos que componen al jabón. De ahí que exista una diferencia en la cantidad de electrolito necesaria para un 80/20 sebo-aceite de coco o un 80/20 sebo-aceite de Palma, como también existe diferencia entre un 80/20 y un 70/30. Al aumentar la proporción de coco la cantidad de electrolito necesaria para desplazarnos en el diagrama será mayor.

El diagrama contiene las áreas marcadas como A, B y D. Todas ellas representan fases homogéneas de jabón. El área A indica la fase de jabón. Como se puede ver en el diagrama, esta fase sólo puede existir en el área que está comprendida entre 56 y 80% de jabón y un 1% máximo de electrolito. Esta fase esta compuesta de cristales líquidos con una estructura lamelar, aparece como clara, viscosa y suave al tacto. Sin embargo, la viscosidad puede variar dependiendo de la cantidad de jabón y electrolito que contenga la mezcla, comparativamente con la fase Q que es relativamente fluida y la fase J que es altamente viscosa. El color es lúcido debido a que esta fase minimiza la incorporación de contaminantes. La fase de jabón es la fase más importante en la manufactura del jabón, constituye el producto final tanto en el proceso de paitas como en los procesos de saponificación continua.

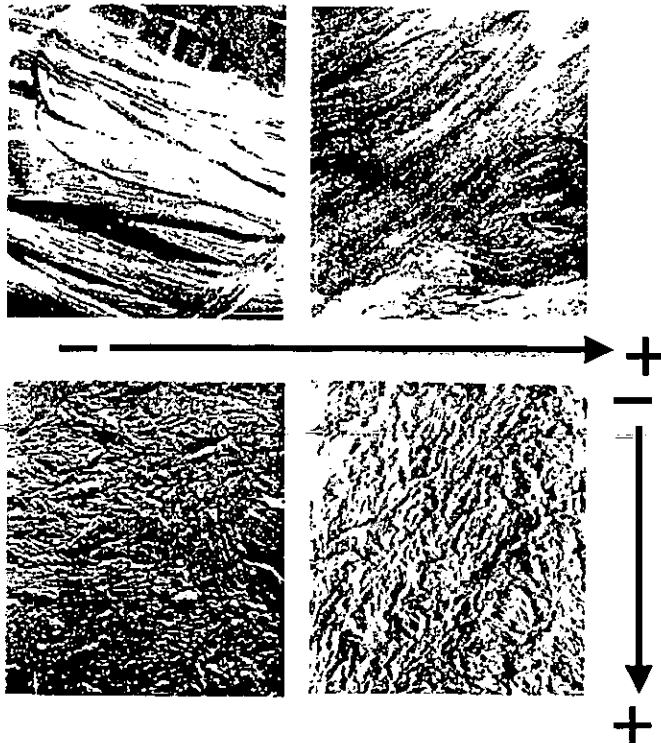
El área B representa la fase de jabón de mediana calidad y consiste de cristales líquidos hexagonales. Difiere de la fase de jabón en que es extremadamente viscosa. Dependiendo de su composición puede ser más o menos semi- sólida, plástica y con pobres propiedades de fluidez. Como se puede ver en el diagrama esta fase sólo puede existir a bajos contenidos de electrolitos y a contenidos de jabón menores a los típicos en el jabón neto.

El área D representa la fase de Nigre. Mediante observación microscópica la fase de Nigre aparece oscura, lo que sugiere que en el interior de su estructura no existe un estado regular, lo que origina la refracción de la luz. La razón fundamental de este fenómeno reside en que esta fase se presenta en forma micelar. La viscosidad y apariencia de la fase de Nigre varía dependiendo de la composición. A bajos contenidos de jabón presenta una baja viscosidad, pero altos contenidos de jabón y bajo electrolito su viscosidad puede ser considerable. Si la fase del Nigre se encuentra en equilibrio con la fase de jabón, el Nigre es el oscuro, debido a su tendencia a absorber contaminantes. Esto es una consecuencia de su estructura micelar, ya que ofrece la posibilidad de que sustancias diferentes al jabón se incorporen a las micelas.

La fase J representa la cera de paila y corresponde a una estructura insular. Presupone altos contenidos de sal y jabón. En cierta manera es muy similar a la fase de jabón, lo que en ocasiones origina confusión. Difiere del jabón en que es una fase más seca y más viscosa. El resto de las áreas en el diagrama consisten en la mezcla de dos o tres fases. Finalmente, cabe indicar que estos diagramas son de gran importancia ya que ayudan a explicar los fenómenos que se presentan durante la producción del jabón. El proceso de manufactura del jabón se compone de los movimientos de fases a través del diagrama.

Fases cristalinas del jabón

Existen tres fases cristalinas en el jabón que son de interés: omega, beta y delta. Omega es la fase cristalina que se presenta en el jabón cuando es secado; delta es una fase indeseable de equilibrio y beta (o mezcla de fases en donde predomina beta) es la fase deseada para los jabones. Sin embargo la presencia de fases amorfas de jabón líquido es igualmente importante que la de fases cristalinas. A continuación se presentan microfotografías del cambio en estas fases al aplicar trabajo mecánico al jabón:



En el equilibrio, la fase omega tiende a ser rica en jabones solubles como el láurico y el oléico. La fase delta tiende a ser rica en jabones de baja solubilidad como el palmítico y el esteárico. La fase beta tiende a ser una mezcla de todas las cadenas y denota su propiedad a ser molida, lo que promueve la formación de cristales pequeños que dan uniformidad al jabón.

A pesar de que la mayoría de las cadenas de jabón tienden a encontrarse en la fase omega, es ésta la que se ve más afectada con modificaciones en la proporción de jabón cristalino y jabón amorfo en la fase soluble. Al incrementar el agua la mayoría del jabón se transfiere a la fase soluble y la fase omega se reduce mientras el contenido de fase delta aumenta. Al incrementar el electrolito total, el jabón se ve forzado a salir de la fase en solución para incrementar la fase omega. La combinación de humedad, temperatura, electrolito y trabajo mecánico en el jabón, controla la conversión de las fases cristalinas.

La siguiente tabla ilustra como estas tres variables interactúan y afectan las características y el desempeño del producto terminado:

Fases cristalinas:	OMEGA	BETA	DELTA
Composición cristalina	Rica en C ₁₂ y C _{18:1}		Rica en C ₁₆ y C ₁₈
Smear- 100 mL de prueba	Absorbe agua		Baja solubilidad
- 5 mL de prueba	Suave, gelatinoso		Superficial, escamoso
- Jabón	Limpieza adecuada		Sucio
Wet Cracks		Bueno	Pobre
Plasticidad	Pobre	Buena	
♦ NaCl	(-)		(+) Incremento de sal
♦ Agua	Incremento de humedad (+)		(-)
♦ Temperatura	(-)		(+) Incremento de temperatura

Capítulo 2: “Materias Primas para la producción de jabón”¹

Las materias primas básicas para la producción del jabón son las grasas, los aceites y alguna base, las que son comúnmente sosa cáustica o potasa cáustica. A continuación se muestra una tabla con las principales materias primas y su correcto manejo y disposición.

¹ SPITZ. “Soap Technology for the 1990’s”. American Oil Chemist’ Society. Champaign, Illinois. 1990

Materia prima	Se recibe, generalmente, en...	Se almacena, generalmente, en...	Condiciones especiales
Sebo	Furgones de ferrocarril	Tanques de 200 ton, trazados, fabricados en hierro fundido.	Mantener la temperatura 40 a 60°C
Aceite de coco / palma	Pipas	Tanques de 200 ton, trazados, fabricados en hierro fundido	Mantener la temperatura 30 a 35°C
Sosa	Pipas	Tanques de 150 ton, fabricados en hierro fundido de doble recubrimiento.	Temperatura ambiente.
Sal	Costales de 50 kg. cada uno	Bodega de materia prima.	10% humedad ambiente máxima, temperatura ambiente.
Perfume	Tambores de 200 L.	Bodega de materia prima	Tambores aterrizados, a temperatura ambiente.
Colorantes / ingredientes activos	Tambores de cartón de 150 kg.	Bodega de materia prima	10% humedad ambiente máxima, temperatura ambiente.
Etiquetas	Bobinas de 25 kg.	Bodega de materia prima	10% humedad ambiente máxima, temperatura ambiente.
Cartonajes	Tarimas de 750 kg.	Bodega de materia prima	10% humedad ambiente máxima, temperatura ambiente.

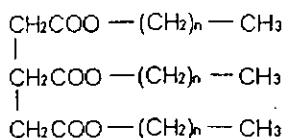
Grasas y Aceites

Las grasas y los aceites son una mezcla de diferentes triglicéridos. Un triglicérido se compone de una molécula de glicerina y tres moléculas de ácidos grasos, es decir, son ésteres de glicerol y ácidos grasos que se encuentran en el mundo animal y el vegetal. A continuación se presenta una tabla con los triglicéridos comerciales más importantes:

Grasas Animales	Aceites Vegetales
Sebo	Aceite de Coco
Manteca de Cerdo	Aceite de Semilla Palma (PKO)
Aceite de Pescado	Aceite de Oliva
	Aceite de Girasol
	Aceite de Ajonjolí

En donde la mayoría de la industria jabonera en el mundo utiliza como materias primas el sebo y el coco, con una utilización menor del aceite de palma ocasionada por las fluctuaciones de precios en el mercado del coco.

La fórmula química de los triglicéridos saturados es la siguiente:



Donde n es el número de carbonos que componen la cadena del triglicérido y puede estar formada de 6 a 22 Carbonos principalmente. Estas cadenas se pueden clasificar en insaturadas y saturadas dependiendo si existen ligaduras dobles o solamente simples respectivamente. Normalmente, en la naturaleza sólo se presentan cadenas compuestas por un número par de carbonos distribuidos en cadenas lineales en donde ningún otro grupo funcional se encuentra unido a éstas. Los ácidos grasos se diferencian unos de otros de acuerdo al número de carbonos en su cadena y al grado de insaturación de éstos:

SATURADOS		INSATURADOS		
No. de carbonos	Nombre común	No. de carbonos	No. de dobles ligaduras	Nombre común
4	Butírico			
6	Caproico			
8	Caprílico			
10	Cáprico	10	1	Caproléico
12	Láurico	12	1	Lauroléico
14	Mirístico	14	1	Miristoléico
16	Palmitico	16	1	Palmitoléico
18	Estearico	18	1	Oléico
		18	2	Linoléico
		18	3	Linoléico
		18	4	Parináico
20	Araquídico			
22	Behénico	22	4	Clupanodoico

La distribución de cadenas grasas es la huella digital del aceite o la grasa; por lo que el sebo, el coco y cualquier otra grasa o aceite pueden ser identificados ya que tienen porcentajes definidos de ácidos grasos tanto saturados como insaturados. Una de las más importantes pruebas es la determinación de la composición de los ácidos grasos mediante una cromatografía gas-líquido (GC).

En esta técnica los triglicéridos son convertidos en metil-ésteres en donde, debido a su gran volatilidad, son separados por el cromatógrafo. Es importante resaltar que las características de la grasa o el aceite en cuestión dependerán de la distribución de cadenas de ácidos grasos que presente.

A continuación se listan las distribuciones para el sebo, coco y PKO, así como también sus principales características:

Distribución de ácidos grasos	Sebo	Coco	PKO
Caprílico (C8H16O2)		7	4
Cáprico (C10H20O2)		6	5
Láurico (C12H24O2)		48	50
Mirístico (C14H30O2)	2.5	19	15
Palmitico (C16H34O2)	27	9	7
Estearico (C18H38O2)	20	2	2
Oléico (C18H34O2)	42	8	15
Linoléico (C18H32O2)	5	1	1
Linolénico (C18H30O2)	1		
C20/C22			
Isómeros	2.5		1
Información característica			
Titer, °C	40	26	25
Índice de yodo, IV	55	10	18
Color, Gardner, máx	5	5	
Valor de saponificación, SV	205	270	

Es importante hacer notar que para el sebo la cadena más representativa es el ácido oléico, mientras que para el coco y el PKO es el láurico. Debido a que la concentración de oléico en el PKO es mayor que en el coco, el comportamiento de la mezcla sebo-coco es diferente al de la mezcla sebo-PKO. Finalmente, la cantidad de electrolito necesaria para la saponificación y el lavado también será diferente, ya que la distribución de cadenas grasas es distinta. También para mezclas con diferentes proporciones de sebo-coco o sebo-PKO se manifiesta esta diferencia. Al aumentar la proporción de sebo la dureza del jabón aumentará y la cantidad de electrolito necesaria para la saponificación y el lavado también será diferente. Para más detalle referirse al apartado destinado a la explicación del diagrama de fases. Los aceites preferidos para la manufactura de jabones son los que contienen una distribución de ácidos grasos que va de 12 a 18 carbonos, pues la longitud de estas cadenas proporcionan al jabón un rango bastante amplio de solubilidad en cuanto a temperatura y dureza del agua. Cadenas largas son menos solubles en agua pero más lipofílicas y cadenas cortas viceversa. También la mezcla y la proporción de grasa y aceite que se utiliza repercute en los atributos y características del jabón producido, a continuación se presentan algunas de las características del jabón al utilizar Coco y Sebo:

	Coco	Sebo
Color	Blanco ligeramente amarillo	Blanco ligeramente amarillo
Consistencia del jabón	Duro	Muy Duro
Espuma	Rápida, burbujas grandes	Despacio, burbujas pequeñas
Detergencia	Pobre	Buena
Reacción con la piel	Irritante	Suave

La dureza, la detergencia y la estabilidad y volumen de la espuma están relacionados con la longitud y estructura de las cadenas que forman al jabón. El aceite de coco, al estar formado por una mayor proporción de triglicérido que contienen cadenas de ácido láurico (12 Carbonos), produce un jabón muy suave pero bastante soluble y que provoca espuma de gran volumen y estabilidad, pues la longitud de sus cadenas logra un tamaño de burbuja ideal y por poseer un peso molecular bajo dan bastante estabilidad a la espuma. La detergencia también se ve afectada por la longitud de sus cadenas, pues como se mencionó antes, cadenas cortas son menos afines a la grasa. Por lo anterior se ha comprobado que una mezcla 80% Sebo y 20% Aceite de Coco o Palma dan como resultado un jabón balanceado en cuanto a detergencia, dureza, volumen y estabilidad de espuma, y es por eso que es la proporción de grasas más utilizada en la industria jabonera.

Niveles de calidad para el sebo disponible en el mercado

Durante la producción del jabón es posible utilizar sebos de muy diferentes fuentes y calidades. Los principales sebos extraídos de res se clasifican generalmente bajo los siguientes grados:

1. **Edible Tallow:** Son sebos de excelente calidad con niveles muy adecuados de color y una acidez muy baja. Es de grado comestible, por lo que históricamente era usado por diferentes cadenas alimenticias, sin embargo, su uso en la industria alimenticia ha ido en decremento debido a los niveles de colesterol que puede llegar a producir, razón que ha permitido que su costo se abata y se constituya en una opción para la industria jabonera.
2. **Top White Tallow (TWT) y Bleachable Fancy Tallow (BFT):** Estos dos sebos son los que generalmente se emplean en la industria jabonera. El TWT presenta características de calidad muy semejantes al edible tallow, sin embargo su calidad es inferior pues generalmente sus niveles de acidez son mayores, además de contar con un proceso de obtención diferente. Para el caso del BFT, los niveles de color y acidez son mayores que en el TWT, sin embargo, aún es posible utilizarlo para la producción de jabón.
3. **Choice White Grease:** Es un sebo que, en especificaciones, es muy similar al BFT sólo que tiene un Titer menor de 40°C.
4. **Top White Grease:** Es un sebo que tiene niveles de acidez (FFA) y color muy similares a los del TWT, sin embargo su índice de yodo (IV) y su Titer son muy parecidos a los del CWG.

Como nota aclaratoria bastaría mencionar que la diferencia principal entre Tallow y Grease reside en el valor de Titer, para el caso de los Tallows es mayor a 40°C y para el caso de los Greases menor a 40°C.

Extracción de las grasas.²

El proceso para la extracción consiste en la separación de grasas o aceites de la materia vegetal o animal donde se encuentran almacenados. Los tejidos animales están formados en su mayoría por grasa y agua que pueden ser separados de la porción sólida con relativa facilidad. La extracción de aceites vegetales es un poco más complicada, pues por lo general contienen una gran porción de materia sólida asociada con el aceite. Aquí, la necesidad de moler el material aplicando calor y bastante presión es necesaria para una eficiente separación del aceite.

Aun después de los más eficientes métodos mecánicos la torta retendrá de 2.5 a 5% de aceite, en semillas con bajo contenido de aceite este porcentaje se eleva hasta 20%, es aquí donde es necesario el uso de algún solvente que permita extraer una mayor cantidad, y este porcentaje se reduce a 1%.

El proceso consiste en:

1. *Preparación del material.* Para el caso de grasa animal no se necesita preparar mucho, el tejido animal se corta en pedazos pequeños y se lava con agua.

Para el caso del aceite proveniente de semillas la preparación del material consiste en una limpieza, que básicamente es la separación de hojas, tierra u otras impurezas que vienen junto con las semillas, mediante el uso de mallas de distintas aberturas. Posteriormente se procede a quitarle la cáscara a las semillas pues ésta tiene muy bajo contenido de aceite. Los equipos utilizados para este proceso consisten en un rodillo rotatorio y un miembro cóncavo que contiene navajas, el espacio entre el rodillo y el miembro cóncavo es ajustable para el tamaño de semilla que se requiere pelar.

En algunos casos se procede a la reducción del tamaño de las semillas mediante molinos con rodillos lisos, esto ayuda a aumentar el área de contacto facilitando la extracción.

2. *Tratamiento térmico.* Este proceso coagula las proteínas en las paredes de las células que contienen la grasa y de esta forma las hace permeables al flujo del aceite. El calor ayuda también a reducir la viscosidad del aceite y facilitar el flujo de este hacia el exterior de las células.
3. *Extracción de grasas animales.* Dentro de la extracción de grasas animales los siguientes dos métodos son los más utilizados.

3.1 *Extracción Seca.* Este proceso es uno de los más simples y consiste en la deshidratación de la grasa y tejidos grasos, el freír tocino es un ejemplo casero de este proceso. Este proceso se lleva a cabo en tanques agitados y enchaquetados con vapor, después de deshidratar la grasa hasta los niveles de humedad deseados, la torta se exprime y el líquido se drena. Después de una separación por medio de centrifugas la grasa está lista para venderse. Este proceso se utiliza en grasas donde el olor y el sabor no son importantes.

² ALLEN, et. al. "Bailey's Industrial Oil and Fats Products". Jhon Wiley & Sons 1982. pp 175 - 246

3.2 Extracción húmeda. Este proceso es utilizado para las grasas comestibles, donde el olor y el sabor son de suma importancia. Aquí, se utiliza una gran cantidad de agua y el proceso puede ser a baja o alta temperatura. El proceso a baja temperatura se lleva a cabo a presión atmosférica y con agua hirviendo. El tejido se pone en unos tanques a hervir con agua y la grasa sale a flote para una posterior separación.

El proceso a alta temperatura se conoce mejor como extracción al vapor, en este caso se utilizan tanques cerrados donde se inyecta vapor y se colecta la grasa de la parte superior del tanque. La ventaja de la extracción al vapor es que es muy eficiente, se puede llegar a remover hasta un 99.5 % de la grasa contenida en el tejido animal. La desventaja de este método es que durante la extracción se lleva a cabo algo de hidrólisis de la grasa, el ácido graso libre en este proceso puede aumentar a una velocidad de 0.06%/h. El proceso de extracción puede durar hasta 6 horas por lo que el incremento de acidez puede llegar hasta 0.36%.

4. *Extracción de aceites.* Para este proceso se utilizan equipos que constan de recipientes enchaquetados con vapor y un agitador giratorio, una vez que la torta ha sido sometida a calor, pasa al proceso de prensado donde se exprime literalmente la torta para extraer el aceite liberado con el calor. El proceso de prensado puede ser continuo o por lotes. Por último en el caso de semillas de poco aceite se utiliza un solvente para concluir la extracción, los solventes más utilizados son las fracciones ligeras del petróleo como: pentanos con punto de ebullición entre 88-97°F, hexanos entre 146-156°F, heptanos entre 194-210°F y octanos entre 215-264°F.

Este proceso se lleva a cabo en equipos de extracción líquido-líquido en donde el solvente fluye a través de la torta lavando el aceite. El aceite se recupera posteriormente por destilación de la mezcla.

Tratamiento de las grasas empleadas para la saponificación

El tratamiento previo de las grasas puede eliminar o minimizar los efectos de la degradación de las grasas. La manera más económica para obtener y mantener una grasa con una alta calidad reside en el buen manejo que se le dé al material durante su almacenamiento. Para ello es importante recordar los siguientes puntos:

- ◆ La deterioración de la grasa es originada por una serie de reacciones químicas y la velocidad con que ocurren varía exponencialmente con la temperatura a la que se someta a la grasa. Se puede considerar que un incremento en 10°C incrementa en un 100% la velocidad de las reacciones de degradación.
- ◆ Existen catalizadores, metales, agua y enzimas en las grasas que aceleran las reacciones de degradación.
- ◆ La deterioración de la grasa es ocasionada, en parte, por la reacción entre los ácidos grasos y el oxígeno del aire para la formación de peróxidos.

Por todo esto es importante que se evite sobrecalentar las grasas mientras se tienen almacenadas, así como evitar su contacto con el oxígeno del aire, además de mantener bajos los niveles de humedad e impurezas.

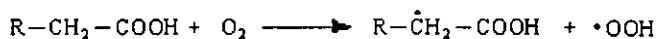
Una medida indirecta del grado de enranciamiento o maltrato que ha recibido la grasa durante su procesamiento, almacenamiento o transporte es el Ácido Graso Libre (%FFA – Free Fatty Acid). El ácido graso libre en la grasa se presenta como un producto de la reacción de hidrólisis del triglicérido junto con la glicerina. Los ácidos, sufren un proceso de oxidación con el oxígeno del ambiente ayudados por la luz, impurezas y calor, para formar peróxidos que son sustancias sumamente tóxicas y olorosas. De acuerdo a la siguientes reacciones:

Liberación de Ácido Graso (Reacción de Hidrólisis):

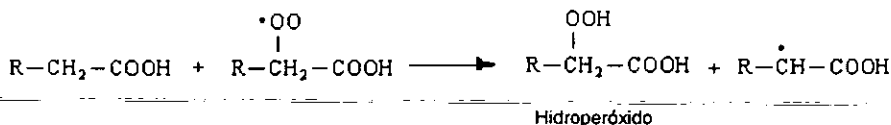
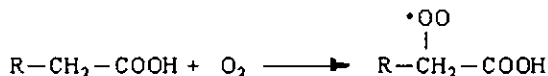


Enranciamiento:

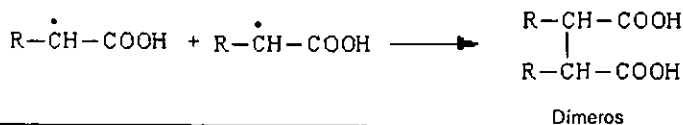
Iniciación:

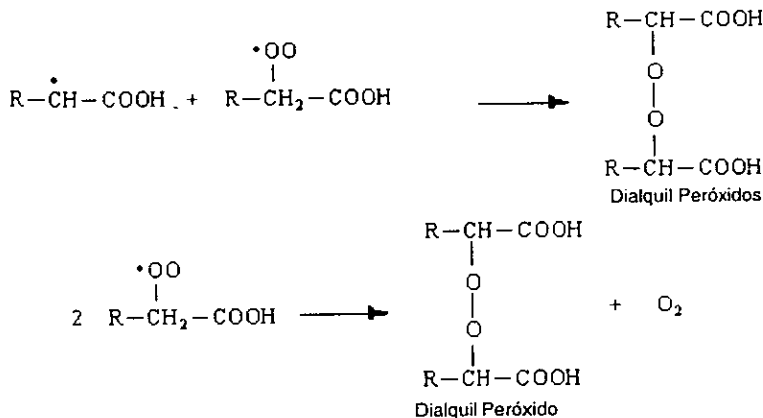


Propagación:

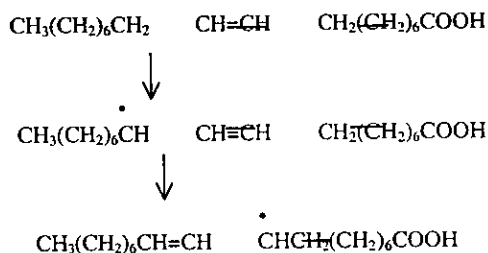


Terminación:





Las grasas con alto contenido de cadenas insaturadas (oleicos, etc.), tienden más fácilmente a degradarse,



Como se puede apreciar, los radicales libres de los ácidos grasos insaturados presentan un estado más estable debido a la resonancia en sus estructuras, es por eso que las grasas y aceites con más proporción de cadenas insaturadas presentan un mayor enranciamiento.

Los factores que promueven esta degradación se enlistan a continuación:

Promotor	Mecanismo
Fragancia Iones Metálicos	Generación de radicales libres Generación de radicales libres via catálisis; descomposición de peróxidos para formar radicales libres.
Ambiente (Ozono, Dióxido de Nitrógeno) Luz y Calor	Iniciadores Formación de radicales libres via catálisis directa y por descomposición de peróxidos.

Para prevenir el enranciamiento es posible utilizar agentes antioxidantes, los cuales atrapan a los radicales libres que se van generando antes de que reaccionen para formar los peróxidos.

Los antioxidantes más comunes en la industria jabonera son:

Antioxidante	Nombre Químico
BHA (Butil Hidroxianisol)	2-t-Butil-4-methoxyphenol
BHT (Butil Hidroxitolueno)	2,6-Bis (1,1-dimetil-etil)-4-metilfenol
EDTA Cálcico Disódico	[(Etilendinitrilo) tetraceto]-calcio(2-) disodio
DHA (Ácido Dehidroacético)	Lactosa ácida 2-acetil-5-hidroxi-3-oxo-4-hexanóica
Etoxiquina	1,2-Dihidro-2,2,4-trimetilquinolina
Cloruro de Estaño	SnCl ₂
TBHQ	t-Butil Hidroquinona
Tocoferol	
THBP	3,4,5-Trihidroxi Butirofenona

Existen, además, diferentes procesos a los que las grasas pueden ser sometidas para optimizar su calidad: lavado, refinación alcalina, blanqueo, deodorización e hidrogenación. Estos procesos se explican a continuación:

Lavado con Agua

El lavado con agua caliente es un tratamiento muy efectivo para diferentes grasas. Para grasas de buena calidad la mejora en el color crudo y en el contenido de impurezas que se logra con este tratamiento es suficiente. El proceso consiste en que el agua caliente hidrata algunas de las impurezas, como proteínas, las cuales pasan a la fase acuosa, absorbiendo cuerpos que le dan colorido a la grasa. Los sólidos son separados, posteriormente, por asentamiento en un proceso por lotes o por centrifugación en un proceso continuo. Las ventajas de este proceso son que la inversión en equipo es mínima, pues solo es necesario un tanque de asentamiento con fondo cónico, sistema de aspersión de agua y un buen sistema de calentamiento. También se encuentra ventaja en su fácil limpieza y operación, además de lograr una buena mejora en cuanto a color e impurezas de la grasa a tratar. Algunas de las desventajas que se tienen es el riesgo a degradar la grasa por un tratamiento prolongado, pues como hemos visto antes el agua y el calor hidrolizan los triglicéridos para posteriormente formarse peróxidos. Otra desventaja es la pérdida de grasa debido a la oclusión en el agua con las impurezas.

Refinación alcalina

Este proceso consiste en la neutralización de la grasa por medio de un tratamiento con una solución de sosa cáustica al 13%. Dentro de las desventajas en este proceso se encuentra la gran cantidad de pérdidas de materia prima. Este porcentaje de pérdidas se puede estimar en tres veces el porcentaje de ácido graso libre contenido en la grasa cuando este es menor a 3% y más si es mayor.

El jabón que se obtiene de la neutralización es de mala calidad y viene acompañado de glicerina en forma de mono y diglicéridos y otras impurezas como proteínas y cuerpos coloridos. Debido a los costos de proceso y pérdidas en la materia prima, se debe analizar muy cuidadosamente si conviene utilizar este proceso para mejorar la calidad de una grasa o comprar una con mejor calidad de origen. La mejora en color, por ejemplo, en sebo con color rojo 10 puede alcanzar valores de 1 o 2 después de lavado y de 0.5 y 1 después del refinado. Esta mejora en color es tan pequeña que no se justifica la refinación, sin embargo hay que tomar en cuenta la calidad en general de la grasa (impurezas, acidez, etc.).

Blanqueo

El método más importante en la mejora de la calidad de una grasa es el blanqueo. Después del lavado este proceso permite mejoras considerables a bajo costo. El blanqueo consiste en tratar la grasa con tierras ácidas activadas a alta temperatura y después filtrarla por medio de métodos convencionales. Las tierras activadas retienen los pigmentos presentes en muchas grasas como son, en el caso de las grasas vegetales, caroteno y clorofila y, en el caso de las grasas animales, hemoglobina y bilis. La presencia de 0.5 a 1% de agua en las tierras incrementa la retención de pigmentos. En la industria esta técnica se lleva a cabo generalmente en procesos por lote en tanques agitados equipados con calentamiento y sistema de vacío. Un decremento en el olor de la grasa o aceite se puede obtener por medio del blanqueo, pero esto no es suficiente para omitir la deodorización. El proceso de blanqueo consiste en la adsorción de los pigmentos por las tierras activadas. Cantidad de adsorbente, temperatura, tiempo de contacto, agitado y presencia de oxígeno y humedad son los factores que hay que cuidar para obtener una buena adsorción de los pigmentos.

Deodorización

La deodorización consiste en la destilación de los compuestos odoríferos y ácidos grasos. Los compuestos odoríferos generados por la descomposición catalizada de la grasa tienen un punto de ebullición muy cercano al de los ácidos grasos libres, por esta razón el proceso de deodorización reduce la acidez volviéndola más estable.

En la industria jabonera este proceso puede ser omitido, pues el olor del jabón base es enmascarado por los perfumes, sin embargo el ingrediente más caro en el jabón es precisamente éste por lo que una reducción en la cantidad necesaria de perfume puede traer ahorros significativos que justificarían el proceso de deodorización de la grasa o aceite.

Hidrogenación

Este proceso consiste en eliminar los dobles enlaces de las cadenas insaturadas por medio de la adición de hidrógeno. Este proceso altera las propiedades finales del jabón, aumentando la firmeza y alterando la solubilidad y espumosis.

Al eliminar los dobles enlaces el producto se vuelve más resistente a la degradación y por lo tanto aumenta la estabilidad en el color y en el olor. Este proceso se utiliza mayormente en aceites vegetales.

Finalmente, cabe destacar que la calidad del jabón obtenido en el proceso de saponificación dependerá en buena medida de la calidad de las grasas y aceites utilizados.

Medidas importantes en las grasas y los aceites

Color

El color en la grasa es una medida muy importante en la calidad de la grasa, pues para obtener un jabón blanco de alta calidad, el color debe ser lo más bajo posible. En ocasiones se encuentran ciertos pigmentos naturales asociados a los procesos y materiales de obtención de los aceites y grasas empleados para la producción del jabón que son relativamente fáciles de separar en un proceso de blanqueo y refinación como se explicó anteriormente, mientras que en una grasa o aceite degradado se han generado productos coloreados que contribuyen al mal color del jabón y son difíciles de separar, además de ocasionar pérdidas en el proceso de producción del jabón. En el caso del sebo es preferible medir su calidad en términos de color refinado y blanqueado para producir jabones de alta calidad, ya que no existe una correlación definida entre el color crudo y el color refinado y blanqueado. El color de los ácidos grasos es la mejor medida del costo de procesamiento del mismo para hacer jabón blanco de alta calidad. También permite conocer el "abuso" del que ha sido objeto la grasa o el aceite, el cual incrementará la pérdida de grasa o aceite en el proceso de saponificación.

Índice de Yodo (IV)

El índice de yodo se define como el número de centigramos de yodo absorbidos por un gramo de muestra y este valor se encuentra directamente relacionado con el grado de insaturación de las cadenas grasas que componen al aceite, la grasa o el ácido graso. De esta manera puede conocerse el tipo de cadenas que componen al ácido graso que va a utilizarse. Afecta a la operación el tener valores de IV diferentes, ya que la dureza del jabón depende, en parte, de la cantidad de cadenas insaturadas que contenga.

Titer

El titer se define como la temperatura, en grados centígrados, a la cual el ácido graso solidifica y es una medida directa de la suavidad o dureza del jabón. Esta propiedad varía de acuerdo al origen del sebo. En general la grasa dura permitirá hacer un jabón firme, mientras que la suave producirá un jabón suave que puede arranciarse fácilmente a menos que la grasa sea sometida a un proceso de hidrogenación.

Su determinación se lleva a cabo mezclando el sebo con potasa que al combinarse con los ácidos grasos para formar jabón de potasio, dejan a la glicerina libre. Este jabón se mezcla con ácido sulfúrico, lo que permite que sean liberados ácidos grasos, los cuales se recolectan y se congelan. La temperatura a la cual sucede la solidificación es precisamente el Titer de la grasa. Esta es una propiedad que se encuentra determinada por la materia prima y no existe nada en el proceso de obtención del sebo que la pueda alterar.

Ácidos Grasos Reales (R.F.A)

Permiten conocer la cantidad real de ácidos grasos que contiene la grasa. Para la obtención del RFA, se realiza el mismo procedimiento que en el Titer, pero en lugar de permitir la solidificación de los ácidos grasos, se titula la cantidad formada.

Ácidos Grasos Libres (F.F.A)

La presencia de altos contenidos de acidez en los aceites y grasas se debe a la acción de enzimas y a la reacción que se presenta entre la grasa y el agua. Un alto contenido de acidez significa que se ha abusado de la grasa o el aceite, y que durante su almacenamiento su degradación ha sido considerable, ya que la cantidad de ácidos grasos libres es una medida de la degradación de la grasa o aceite en cuestión. Cuanto más alto sea el contenido de FFA en la grasa o aceite más rápida será su degradación. A su vez, la medida de FFA refleja la cantidad de glicerina que no podrá ser producida durante la reacción de saponificación.

Cuando se tiene un valor alto de FFA disminuye la cantidad de glicerina producida y la cantidad de sosa y salmuera empleada en el proceso de saponificación va en exceso, lo que provoca que las concentraciones de NaCl y NaOH se incrementen. Además, el color del jabón base será más oscuro y con un olor desagradable, productos de la degradación que se ha llevado a cabo.

Humedad e impurezas

Son compuestos sin ningún valor y que generalmente constituyen una fracción menor al 1% del grasa o aceite. Cuando el nivel de humedad es alto se emulsiona junto con las impurezas dificultando su separación de la grasa o aceite, además de afectar al proceso al ocasionar que la lejía de reacción se encuentre en exceso por existir una menor relación de ácidos grasos y aumentar la razón de cáustico en el sistema.

Insaponificables

Generalmente es material soluble en el aceite o la grasa (mucílagos) y con el que no se produce jabón, por lo que es un material indeseable ya que, además de no saponificarse, su presencia en el jabón disminuye el poder de lavado en casi tres veces su peso en el jabón.

Hidróxido de Sodio

Generalidades:

Sinónimos: Sosa cáustica, NaOH.
Material altamente reactivo.

Consideraciones de Proceso:

El hidróxido de sodio provee los iones hidroxilo para mantener un pH alcalino y los iones sodio para reaccionar con la grasa y el aceite para formar el jabón (sal sódica de ácidos grasos). Demasiado NaOH en el autoclave puede generar un jabón duro y granuloso. Dichos gránulos atrapan en su interior grasas y cáustico, limitando el área de contacto y dando como resultado una baja velocidad de reacción. La reacción es incompleta y el exceso de grasas y aceites provoca la formación de emulsiones y una pobre separación de las fases de jabón y lejía. Esto se observa en el separador estático como jabón "liso" y en el fondo de la columna de lavado. Muy poco NaOH en el reactor ocasiona idéntica problemática, excepto el jabón granuloso, tendiendo a verse como "atoloso".

Es importante asegurarse de que el NaOH no contenga hierro u otras trazas metálicas provenientes de los tanques de almacenamiento o de transferencia por los cuales ha circulado. Esto puede ocurrir cuando la temperatura de almacenamiento excede los 40°C. Tales contaminantes catalizan la oxidación de los ácidos grasos provocando inestabilidad en el color y olor de las pastillas de jabón.

Cloruro de sodio (Bajo Calcio)

Generalidades:

Sinónimos: Sal, Sal común, NaCl.

Consideraciones de Proceso:

El cloruro de sodio es un componente crítico en la elaboración del jabón porque su concentración determina la fase líquida del jabón. Únicamente el jabón de consistencia sólida es adecuado para manufacturarlo. El contenido de sal en el jabón base está determinado principalmente por el nivel de NaCl en la lejía de lavado.

Si la concentración de sal es baja, se forma un jabón pegajoso, difícil de manejar y en el autoclave se puede observar la carencia de separación de jabón - lejía. A concentraciones aún más bajas aparecerá un jabón gomoso, insoluble e imposible de bombear. Si el nivel de NaCl es demasiado alto durante el proceso, puede producirse una separación de fases en la columna de lavado.

Un jabón alto de NaCl en la fase final, debe mandarse a reproceso, ya que no fluye adecuadamente, se observaría demasiado frágil y daría problemas en el molino.

Agua Desmineralizada

Generalidades:

Sinónimo: Agua tratada, agua deionizada

Consideraciones de Proceso:

El Tratamiento que se da al agua a través de las resinas de intercambio iónico remueve los iones de Calcio, Magnesio, Hierro y otras sales y/o contaminantes indeseables para el proceso de Saponificación Continua. El agua no suavizada contiene sales insolubles (como Carbonato de Calcio y Magnesio) y trazas de Hierro que son responsables de incrustaciones en los equipos de intercambio de calor, restricciones en tuberías, válvulas y paredes de los equipos en general, ocasionando la reducción del coeficiente de transferencia de calor en los intercambiadores, reduce la eficiencia de los equipos, presencia de oxidación e incluso puede originar problemas de seguridad de procesos. En particular, diversas proporciones de Hierro, son responsables de la oxidación y rancidez del sebo.

Tratamiento de Agua Cruda:

Generales:

El proceso de desmineralización consiste en hacer un intercambio iónico en el agua por medio de resinas catiónicas y aniónicas con las cuales eliminaremos los iones de los minerales presentes intercambiándolos por iones Hidrogeno e Hidróxilo.

Principio de Operación:

Las llamadas resinas intercambiadoras de iones son sustancias químicas sintéticas e insolubles que se emplean para eliminar los iones indeseables que se encuentran en el agua. Por tales motivos, si se pasa agua a través de una mezcla de resinas catiónicas y aniónicas, prácticamente todos los sólidos disueltos (presentes como cationes y aniones) pueden eliminarse de ésta.

Eficiencia y Calidad:

El sistema desmineralizador operará de la siguiente manera, una unidad (de catión y anión) se encontrarán en servicio mientras la unidad restante se encuentra en regeneración o espera. Cuando la unidad en servicio rebasa los parámetros establecidos de la calidad de agua (valor sugerido $<20 \text{ m}\Omega$), inmediatamente entrará en el proceso de regeneración al mismo tiempo que la unidad que se encuentra en espera pasa inmediatamente a servicio y así sucesivamente.

La eficiencia de desmineralización depende de varios factores, tales como: la concentración de los sólidos en el agua cruda, la cantidad de turbidez y sedimentos, características de las reacciones de flujo de las resinas usadas, el diseño del equipo, etc.

Al saturarse las camas de resinas con iones de minerales comenzará a disminuir la calidad de agua del producto, en este momento el transmisor de conductividad ubicado en la plataforma de cada una de las dos unidades desmineralizadoras enviará una señal eléctrica al controlador para comenzar el ciclo de regeneración de las resinas en la unidad en cuestión. La regeneración consiste en inyectar ácido clorhídrico (HCl) al 33% a las columnas catiónicas con el fin de cargar las resinas con iones Hidrogeno y a la columna aniónica se le inyectará una solución de Hidróxido de sodio (NaOH) al 50% con el fin de cargar las resinas con iones hidróxilo.

Operación:

La operación del desmineralizador puede sintetizarse en ocho pasos:

1.- Retrolavado del catión:

Consiste en invertir el flujo del agua con el propósito de lavar y descompactar la cámara de resina.

El agua fluye ascendentemente a través de la cama mezcladora, esto separa hidráulicamente las resinas, llevando la resina aniónica más ligera hacia la parte superior y permitiendo a la resina catiónica asentarse en el fondo. Cuando el flujo se detiene, la separación se mantiene al asentarse las camas.

- **Absorción de ácido clorhídrico:** Consiste en inyectar a través de un venturi la solución de HCl (33%) a la resina catiónica con el propósito de cargar la resina con iones hidrógeno.
- **Enjuague lento del catión:** Es el tiempo de contacto del ácido clorhídrico con la cama de resina.
- **Enjuague rápido del catión:** Sirve para eliminar el exceso de ácido clorhídrico en la cama de resina.

- Retrolavado del anión: Consiste en invertir el flujo del agua con el propósito de lavar y descompactar la cámara de resina.
- Absorción de hidróxido de sodio: Consiste en inyectar a través de un venturi la solución de NaOH (50%) a la resina aniónica con el propósito de cargar la resina con iones hidroxilo.
- Enjuague lento del anión: Es el tiempo de contacto del hidróxido de sodio con la cama de resina.
- Enjuague final: Sirve para eliminar el exceso de hidróxido de sodio en la cama de resina hasta llegar a la calidad de agua requerida.

La calidad de agua deberá contener una conductividad menor a 20 micro ohms

2.- Regenerado de la resina aniónica. Para regenerar la resina aniónica se introduce la solución de sosa por el distribuidor que se encuentra sobre la resina aniónica, saliendo por el distribuidor que se encuentra entre las dos capas de resina. Es muy importante que antes de introducir la sosa se tenga la seguridad de que haya agua en la resina catiónica, visualmente.

3.- Enjuagado de la resina aniónica. Cuando se utiliza agua cruda para regenerar esta resina, es necesario que inmediatamente después de introducir el regenerante se enjuague, introduciendo el agua cruda por la parte inferior de la resina catiónica y sacándola por la parte superior de la columna, como si fuera un retrolavado. Esto permite expulsar lo más pronto posible el carbonato de calcio e hidróxido de Magnesio formados, los cuales se encuentran en forma de un polvo fino. Este método disminuye la capacidad del equipo, pero evita el daño a la resina aniónica que pueden envenenarse con depósitos de calcio y magnesio. Sin embargo, el equipo está diseñado para regenerarse con agua desmineralizada para proteger estas resinas y asegurar la calidad del agua.

4.- Regenerado de la resina catiónica. El ácido clorhídrico se introduce a la columna a través de un distribuidor que se encuentra justo entre las dos capas de resina, fluyendo de arriba hacia abajo a través de la cama de resina catiónica y se descarga por el fondo de la columna.

5.- Enjuagado de la resina catiónica. Para enjuagar la resina catiónica, se introduce agua en el mismo sentido que el ácido a través del distribuidor intermedio, descargándose por el fondo de la columna.

6.- Drenado y mezclado. Se baja el nivel del agua hasta que queda justo sobre la resina aniónica y se introduce aire limpio por la parte inferior de la columna para mezclar los dos tipos de resina.

7.- Enjuagado final. Para enjuagar la resina ya mezclada, se introduce agua por la parte superior y se tira al drenaje por la parte inferior, hasta que se obtenga la calidad correcta.

8.- En servicio. El agua se introduce por la parte superior, saliendo el afluyente por la parte inferior, hasta que la calidad del agua tenga la cantidad de sólidos adecuada (sugerido de <20 microhms).

Una vez tratada la dureza del agua se determina continuamente midiendo la conductividad, hasta el valor recomendado de <20 microhms.

Parámetros fundamentales de las materias primas empleadas en el proceso de saponificación

El corazón del proceso de saponificación reside en la calidad del balance de materia y las mediciones que se realizan durante las diferentes etapas del proceso. De ahí que, para producir jabón de calidad consistentemente, sea de suma importancia el mantener calibrados los instrumentos de medición y adecuar correctamente cada uno de los flujos de proceso. A continuación se presenta una tabla resumida de los parámetros más importantes a respetar en cada una de las materias primas:

Material	Gravedad específica	Viscosidad (cp)	Temperatura (°C)	Presión	Análisis requeridos
Sebo	0.88	22	60	Atmosférica	Lovibond rojo máx. %FFA %MIU
CnO/PKO	0.90	15	43-60	Atmosférica	Lovibond rojo máx. %FFA %MIU
Sosa- 50% NaOH	1.52	70	27	Atmosférica	%NaOH %NaCl (@ 1%) %H ₂ O
Agua-H ₂ O	1.00	1	15.5	Atmosférica	
Salmuera	1.19	2.9	15.5	Atmosférica	%NaCl %NaOH
Lejía media	1.10	30	88	Atmosférica	%NaCl %NaOH
CnFA	0.875	15	27	Atmosférica	

Capítulo 3: “Procesos para la producción de jabón”

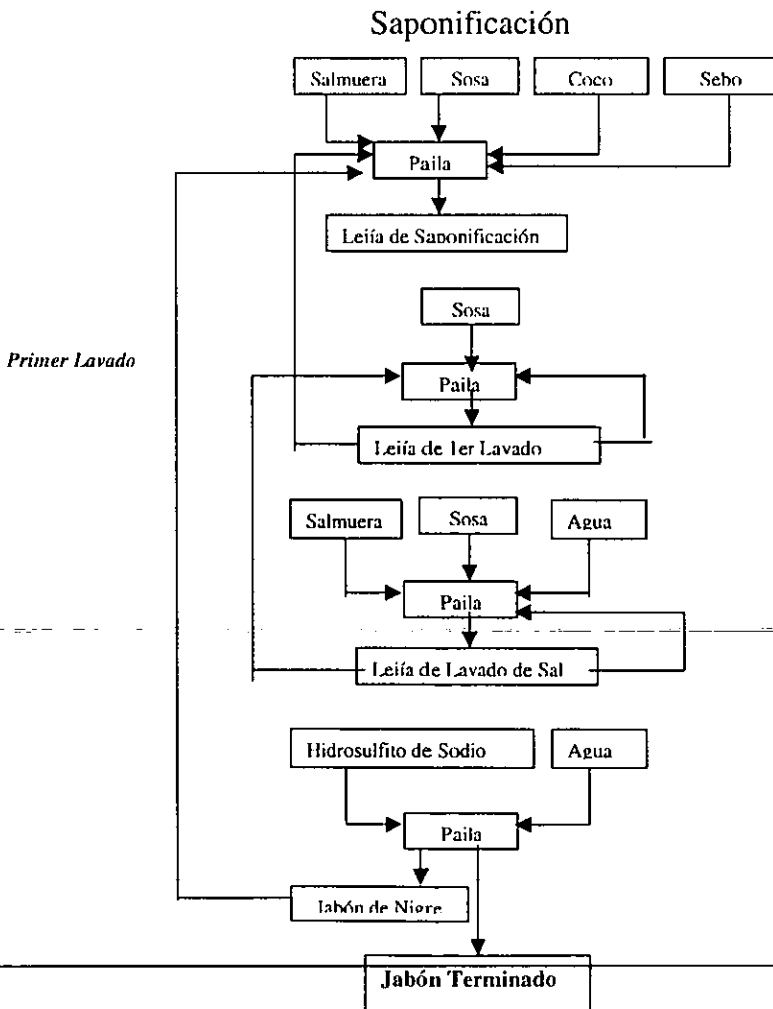
Proceso de Saponificación por Lotes

Descripción:

En este proceso el jabón resultante tiene un índice de glicerina de 2%. Debido a que es un proceso batch, es muy común que existan pequeñas diferencias entre el producto de cada paila. Se hierve la mezcla de jabón de Nigre (jabón de mediana calidad que se utiliza para que inicie la reacción de saponificación), lejía, y la solución de sosa con vapor vivo y seco, cuando está hirviendo (aprox. 1h) se va agregando el coco, una vez que el coco se ha consumido se comienza a agregar el sebo (se agrega primero el coco debido a que la reacción del coco es muy violenta).

Cuando toda la grasa se ha agregado se termina de agregar la sosa y se mantiene el hervido hasta que el porcentaje de cáustico como Na_2O está dentro de límites (0.2-0.4). Este proceso generalmente se lleva a cabo en paralelo con varias pailas a diferente etapa de proceso, de tal manera que se utilizan las lejías de unas en otras para lavar, con el objetivo de recuperar la glicerina producida en la saponificación, completar la Saponificación de las grasas y purificar eliminando impurezas y materias coloreadas. Después de cada lavado se realiza el "sangrado", esto se refiere a separar la fase de lejía de la paila después de un periodo de reposo (para que se separen las fases de jabón base y lejía). El proceso termina cuando se adiciona agua e Hidrosulfito de Sodio, de esta paila se obtiene el Jabón base terminado y el jabón de Nigre.

Diagrama de Bloques:



Condiciones de Proceso y Operaciones Unitarias

El proceso se divide en las siguientes operaciones unitarias:

1. Dosificación: Tanques de nivel, Bomba Dosificadora
2. Reacción: en Paila.
3. Lavado secuencial.
4. Terminación

Dosificación

La materia prima se agrega en el siguiente orden a la paila:

1. Jabón de Nigre como pie de paila.- Este jabón se obtiene del cortado de Nigres. y es un jabón de una calidad más baja que el jabón base. Se agrega para permitir que inicie la reacción de Saponificación, ya que es autocatalítica.
2. Sal.- Se ajusta de acuerdo al °Be de la lejía. Se agrega 30% aproximadamente del total de sal, el resto se incorpora en la lejía de lavado.
3. Lejía de Lavado.- La lejía es una mezcla de sosa, sal y agua, tiene un alto valor de electrolito total que permite que la lejía forme una fase más densa que el jabón, y que a la vez extraiga la glicerina que este contiene. La lejía de lavado ya contiene glicerina.
4. Sosa.- La sosa se agrega en una solución al 38% de concentración.
5. Aceite de Coco.- Se debe de agregar primero que el sebo, ya que la reacción de coco es muy violenta. Debe tener una temperatura de 25-30 °C.
6. Sebo.- Debe dosificarse a una temperatura de 55-60 °C para que esté en fase líquida y pueda bombearse.

Reacción en Paila

Las materias primas adicionadas en el orden anterior se hierven a una temperatura aproximada de 110°C a presión ambiente, se dejan reaccionar por 3 h seguido de un reposo de 3hrs, y un sangrado de 1 hr.

Lavados

Se pueden realizar varios lavados dependiendo de las especificaciones que debe de cumplir el jabón base. sin embargo, con dos lavados es suficiente:

- *Primer Lavado.*- Este proceso consiste en hervir la mezcla de jabón con lejía aplicando recirculación por 3 hrs. Sólo debe agregarse la cantidad de sosa necesaria para saponificar la grasa restante y la lejía de lavado necesaria para recuperar la mayor cantidad de glicerina. El efecto de la sal y la sosa es el de insolubilizar al jabón en la lejía formándose una mezcla heterogénea y de esta manera formar dos fases para facilitar su separación. Después de las tres horas de ebullición, se reposa la mezcla por 3 h, y se sangra por una hora.

- *Lavado de Sal.*- Sirve para extraer la glicerina que no haya sido extraída en el primer lavado. El proceso consiste en hervir la mezcla junto con salmuera y sosa, con una recirculación de lejía de sal por 3hrs, posteriormente se reposa por tres 3hrs, y se sangra por una hora.

Terminación

El objetivo de este proceso es convertir la masa heterogénea de jabón en una fase consistente, con la composición óptima de sal, sosa, glicerina y agua, así como separar del jabón el exceso de electrolito, agua, impurezas y jabones pobres en ácidos grasos, por medio de una fase denominada Nigre-Nigre. En esta fase se hierve el jabón y se agrega agua junto con hidrosulfito de sodio, este último contribuye para eliminar el color grisáceo que se obtiene de la erosión de las paredes de la paila (precipita impurezas ya que esta construida de acero al carbón). El proceso tiene una duración de 2 h, seguidas de 24 h de reposo y una hora de sangrado.

El jabón resultante tiene las siguientes características:

- %Na₂O 0.06
- %NaCl 0.45
- %E.T. 0.50
- %Glic 2.00
- %H₂O 28.00

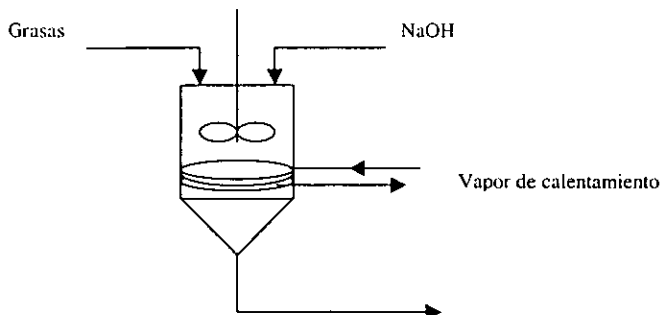
Proceso de Saponificación en Seco

Descripción del Proceso

El proceso consiste en la saponificación de material graso en estado líquido mediante la adición de sosa cáustica o carbonato de sodio en estado sólido y anhidro. La reacción se lleva a cabo de manera muy rápida y libera gran cantidad de calor, lo cual fomenta la saponificación completa. Terminada la reacción se obtiene una mezcla homogénea de jabón con glicerina altamente concentrada y libre de grumos.

El porcentaje de agua generado a partir de la reacción, es suficiente para dar al jabón la humedad necesaria para procesarlo, sin necesidad de adicionarle o retirarle humedad (no se requiere la operación unitaria de secado). La reacción se da por terminada cuando la mezcla ya no presenta ácidos grasos libres, este proceso dura de 15 a 60 minutos según las características de la grasa. El jabón es pasado a un molino de rodillos para alinear los cristales e incorporar aditivos (perfumes, colorantes, etc.), para posteriormente extruirlo y estamparlo.

Diagrama de Bloques



Condiciones de Operación

Jabón anhidro

Para realizar exitosamente la saponificación en seco, solamente es necesario mantener la grasa a su temperatura de fusión o incluso ligeramente mayor a la misma. Dependiendo de la grasa, la temperatura del proceso variará de 25 a 60 °C, es importante que la materia prima ingrese al reactor a esa temperatura, ya que de lo contrario la grasa se solidifica y la rapidez y eficiencia de la reacción disminuye considerablemente.

Operaciones Unitarias

Este es un proceso realmente sencillo, las únicas operaciones unitarias que se requieren se describen a continuación:

- Intercambio de calor: Para el calentamiento de las materias primas, y mantenimiento de la temperatura del reactor. Los intercambiadores más utilizados son los de tubo y coraza, por medio de agua condensada.
- Mezclado.- El reactor requiere de agitación continua para que exista un continuo contacto entre las materias primas. Se requiere de un agitador tipo raspador, ya que al llevarse a cabo a la saponificación se vuelve una mezcla muy viscosa y difícil de mezclar.

Formulación de Jabones Opacos 8

Hoy en día la formulación de jabones se ha vuelto más compleja, pues la necesidad de incorporar aditivos al jabón ha ido en aumento. Esto se debe a que los consumidores se han acostumbrado a productos multifuncionales como, por ejemplo, champúes acondicionadores, lociones con bloqueador solar, etc. Tradicionalmente los jabones se habían diseñado para la limpieza de la piel y de la ropa, pero con el tiempo éstos se han convertido en vehículos para perfumes y agentes hidratantes de la piel. Los efectos matriciales de los aditivos deben ser considerados en la formulación del jabón.

- Interacciones Base-Aditivo
- Efectos pH
- Interacciones Aditivo-Aditivo
- Efectos de Fragancia
- Efectos de Proceso

Cualquier combinación de los efectos anteriores puede afectar positiva o negativamente las características físicas o estéticas del producto terminado. A veces es difícil predecir todas las posibles consecuencias de los efectos matriciales.

Interacciones Base-Aditivo

Es importante conocer las propiedades físicas y químicas del aditivo antes de ser considerado para su uso. El aditivo a utilizar puede interactuar con el jabón base y cambiar las características químicas y físicas de este. Por ejemplo, un jabón base alcalino puede ser neutralizado por la adición de un compuesto ácido, pero la acidez puede ser tal, que se rompa la estructura del jabón y se generen cadenas de ácido graso, lo que deteriora la detergencia del jabón. Para el caso de jabones con alto contenido de ácido graso, compuestos alcalinos pueden ser utilizados para neutralizar, pero un mal uso de estos podrían afectar seriamente las características de proceso de la fórmula.

Efectos pH

El pH es una variable importante en el jabón base y se debe tener muy en cuenta para la selección de los aditivos como fragancias o colorantes, pues muchas de estas sustancias son inestables a los valores de pH generalmente encontrados en los jabones.

⁸ SPITZ. "Soap Technology for the 1990's". American Oil Chemist' Society. Champaign, Illinois. 1990

Interacción Aditivo-aditivo

Las mismas consideraciones que para las interacciones Base-Aditivo deben hacerse. Pues un aditivo puede interactuar con otro neutralizando su efecto o produciendo sustancias no deseadas en el jabón.

Efectos de Fragancia

Las fragancias generalmente utilizadas en los jabones están constituidas por ácidos aromáticos y alifáticos, ésteres, cetonas y glicoles, principalmente. Estos compuestos pueden afectar significativamente el procesamiento del jabón al incrementar su suavidad. En el caso de los jabones translúcidos, la claridad y translucidez del jabón se puede ver fuertemente afectada.

Consideraciones de Proceso

Los aditivos en general pueden afectar al proceso al modificar las características reológicas del jabón, como puede ser la viscosidad, la pegajosidad, la fase de cristalización del jabón, etc. Para la exitosa manufactura de los jabones es necesario hacer un análisis cuidadoso de los efectos matriciales que se presentan con los distintos aditivos que se pretendan utilizar, pues si bien éstos pueden darle características positivas, pueden también afectar negativamente al proceso e incrementar el costo de producción.

Propiedades Químicas

La siguiente Tabla muestra algunas propiedades químicas típicas de distintos tipos de jabón:

Tabla 3.1 Valores típicos para diferentes jabones bases

Tipo de Base	pH	%NaOH libre	%FFA(ácidos grasos libres)	%H ₂ O	%NaCl
Sebo-Coco	10.0	0.1	0.5	12.0-14.0	<0.5
Translúcido	10.0	0.0	0.5-1.5	12.0-14.0	<0.5
Transparente	8.0-10.0	0.1	1.0	10.0-20.0	0.0
Syndet	5.0-6.0	0.0	0-50.0	5.0-10.0	0.0-2.0
Combo	7.0	0.0	0-40.0	5.0-10.0	0.0-2.0

Como se puede observar las bases sintéticas y transparentes presentan un rango bastante amplio de propiedades, esto se debe principalmente, a los materiales con que esté constituido el jabón base. Por ejemplo, para el caso del jabón transparente pueden ser combinaciones de aceites saponificados con hidróxido de sodio y de potasio, y alcanolaminas como la trietanolamina.

Propiedades Físicas

Las siguientes características físicas son las de mayor importancia para la selección de los aditivos a emplear.

Smear y Wear Rate

Esta característica describe el poder duradero de la barra de jabón en condiciones normales de uso. Depende directamente de la solubilidad del jabón base, que esta determinada por el titer de la grasa y aceite, del tipo de alcalino utilizado y del contenido de agua. El jabón, generalmente, tiende a absorber agua cuando es colocado sobre una superficie húmeda después de ser usado. El jabón al entrar en contacto con el agua produce un material gelatinoso que es removido una vez que vuelva a usarse. Para el consumidor mientras mayor sea la formación de este material mayor será el desgaste del producto. En los jabones regulares la composición de la fase cristalina se encuentra estrechamente ligada con la cantidad de gel producida, a mayor cantidad de cristales omega mayor será la cantidad de agua que absorba el jabón y por lo tanto se producirá una cantidad mayor de gel. Para el caso de jabones sintéticos, la adición de surfactantes favorece la dispersión del jabón lo que aumenta la solubilidad del material en agua y el desgaste es mayor pero sin la formación de una cantidad excesiva de gel. Los jabones translúcidos presentan en general un wear rate alto pues tienen un gran contenido de solventes, como agua, glicoles y alcoholes para favorecer la claridad. Estos jabones por lo general son poco duraderos y se dice que tienden a derretirse.

Resistencia a las grietas

Esta resistencia se refiere a la tendencia de la barra a agrietarse bajo ciclos repetidos de mojarse y secarse. La presencia de grietas durante el uso de un jabón lo hace parecer estéticamente poco atractivo para el consumidor, especialmente cuando en alguna de las grietas se han depositado partículas de mugre. Esta variable se mide en el laboratorio, sumergiendo la mitad de una pastilla en agua a temperatura ambiente por un periodo de 4 a 24 h. Posteriormente se saca la pastilla y se deja secar con aire hasta un secado perfecto. Las grietas aparecerán si el jabón es propicio a agrietarse. Es conocido que tanto la composición del jabón como su proceso de manufactura y equipo juegan un papel importante en la aparición de grietas en el jabón. Asimismo, la composición final de las fases cristalinas del jabón contribuye de forma acentuada a que se presenten o no grietas en el jabón, al aumentar la proporción de cristales delta, se incrementa la presencia de grietas en el jabón. La experiencia indica que los jabones translúcidos tienden más fácilmente a agrietarse que los jabones tradicionales opacos, pues carecen de "grano". Este grano, o cristalinidad, permite que el jabón se hidrate y deshidrate de manera uniforme, mientras que los jabones translúcidos carecen de una estructura cristalina bien definida que permita estabilizar el efecto. Algunos aditivos como la sucrosa o ciertas fragancias puede promover el agrietamiento.

Suavidad de la barra

La suavidad de una barra puede ser medida por una prueba de lavado. Esta prueba generalmente se realiza a bajas temperaturas (85-90°F) y el objetivo es determinar si la barra de jabón presenta alguna clase de textura arenosa. La barra se gasta bajo el chorro de agua y se siente la textura. Este problema se puede presentar en jabones opacos durante el secado, pues un secado excesivo generará partículas duras (los finos) que darán al producto terminado una textura arenosa. Un secado a un porcentaje mayor de agua (12%- 14%) puede reducir este problema. Otra posible causa de textura arenosa lo puede ocasionar una migración de sal al exterior de la barra. Este es un problema que se puede originar si se neutraliza con ácido clorhídrico el exceso de cáustico, pues la sal formada es cloruro de sodio que, por presentarse en exceso, al evaporarse agua de la superficie de la barra, la sal migra al exterior formando cristales ásperos y que dan a la barra una mala apariencia. Una forma para prevenir este fenómeno es neutralizar con ácido cítrico.

Bath Tub Ring

Es una observación común que el jabón, cuando es usado en agua dura (agua que contiene principalmente disueltas sales de calcio y magnesio), deja un depósito de color blanco en tubos y tinas de baño. La formación de este depósito resulta de la reacción entre el jabón regular con los cationes polivalentes del agua ocasionando la formación de jabón insoluble de calcio y magnesio, de acuerdo a la siguiente reacción:



Para el caso de jabones sintéticos, que contienen surfactantes sulfatados, la producción de jabón insoluble de calcio y magnesio se ve significativamente reducida debido a la poca afinidad que tiene la cabeza sulfatada del surfactante a los cationes polivalentes.

Espuma

La espuma es quizás uno de los atributos más importantes del jabón. La cantidad, volumen y consistencia de la espuma es muy importante para el consumidor, pues si bien no representa una medida de la detergencia, la espuma produce en el consumidor una sensación de limpieza y buen desempeño del producto.

Las características de espumosis son influenciadas por muchos factores, entre ellos están las grasas y aceites y la proporción utilizada para la elaboración del jabón. Y, en el caso de jabones sintéticos, el tipo de surfactantes que se utilicen. Esto depende íntimamente de la longitud de las cadenas lipofílicas que componen al jabón, pues el tamaño de la cadena y el peso molecular de la misma afectan al volumen y estabilidad de la espuma. La capa, casi unimolecular, que forma a una burbuja es una mezcla de jabón con agua que forman una estructura ordenada y flexible, en cuyo interior ha quedado aire atrapado. La espuma es un conjunto de muchísimas burbujas para formar la capa.

Color

El color final de las formulaciones cambia, pues el jabón, por sí solo, tiende a amarillarse. Aunado a esto, la inestabilidad de algunos aditivos o fragancias contribuyen a que se produzcan variaciones de color en un corto periodo de tiempo. Una forma muy comúnmente usada en la industria para determinar la estabilidad del color, es meter un par de jabones a un horno a temperatura controlada para acelerar la degradación. De esta forma se puede predecir como sería el comportamiento del color a lo largo de un periodo de tiempo suficiente como podría durar un jabón en el mercado antes de ser utilizado. La comparación de color se puede hacer directamente contra un estándar o mediante la comparación de valores numéricos de una lectura colorimétrica. En el último caso, la lectura se hace a través de un aparato llamado colorímetro, el cual detecta la energía reflejada de un haz de luz emitido sobre la superficie a evaluar.

Olor

El olor al igual que la espuma es otro de los atributos más importantes para el consumidor. Más que la apariencia en sí, la fragancia del jabón es lo primero que se percibe al sacar un jabón de su empaque. Incluso al comprar un jabón, el consumidor compara y muchas veces la elección se hace de acuerdo al olor. Al igual que el color, el olor se degrada con el tiempo y es conveniente hacer una prueba de estabilidad similar a la utilizada en el color. La evaluación se hace por panelistas entrenados comparando los olores contra un estándar. Una prueba muy utilizada es la “duo – trio”, la cual consiste en poner la muestra a evaluar y el estándar “en ciego” y que el panelista los compare contra el estándar, de esta forma el panelista debe ser capaz de identificar el estándar dentro de las muestras y detectar diferencias significativas de olor.

Colorantes

Los colorantes pueden dividirse en dos clases principalmente:

- Aditivos colorantes sujetos a certificación (certificados)
- Aditivos colorantes no certificados.

El uso de los colorantes depende en gran medida del tipo de producto que se esté produciendo. La diferencia radica en la aplicación de la Ley Federal de Alimentos, Farmacia y Cosméticos (Federal Food, Drug, and Cosmetic FD&C) y la Ley de Empacado y Etiquetado (Fair Packing and Labeling FP&L). Estas leyes establecen que deben ser declarados en la etiqueta del producto los colorantes e ingredientes que se utilizan en la formulación del producto.

La tabla siguiente enlista algunos de los colorantes certificados y no certificados comúnmente usados en jabones:

Tabla 3.2 Colorantes comúnmente usados en jabones

Certificados	No Certificados
FD&C Verde No. 3	Caramel
FD&C Rojo No. 4	Verde Hidróxido de Cromo
FD&C Rojo No. 40	Verdes Óxidos de Cromo
FD&C Amarillo No. 5	Óxidos de Hierro
D&C Verde No. 5	Mica
D&C Anaranjado No. 4	Dióxido de titanio
D&C Rojo No. 17	Ultramarinos (Azul, violeta, verde, rojo, rosa)
D&C Rojo No. 30	Oxido de Zinc
D&C Rojo No. 33	
D&C Violeta No. 2	
D&C Amarillo No. 10	

En la lista anterior se aprecian los colorantes certificados comúnmente utilizados en jabones, éstos por lo general presentan menor estabilidad que los no certificados. Para obtener un color homogéneo en la barra es necesario asegurar una correcta dispersión del colorante, en ocasiones es conveniente utilizar agentes dispersantes para lograrlo. El uso de dióxido de titanio como base es comúnmente usado para dar uniformidad al color. En jabones blancos, el dióxido de titanio aumenta la blancura del jabón.

Fragancias y otros aditivos

Existe una cantidad inmensa de fragancias que pueden ser utilizadas en jabones. Cualquier fragancia debe ser utilizada en una base adecuada para garantizar una buena calidad y estabilidad. Los niveles de uso de la fragancia en la formulación del jabón dependen principalmente del impacto deseado, del costo o de la compatibilidad, típicamente las cantidades andan entre un 0.5% a un 4% en peso. El procesamiento del jabón se ve afectado por ciertas fragancias, pues cuando se encuentran en grandes cantidades afectan significativamente la extrusión y estampado del jabón. Cabe hacer notar que este ingrediente es el más costoso que lleva la formulación y se debe considerar cuidadosamente la cantidad de perfume para sacar el mayor provecho económico de la barra. Como se mencionó en un principio hoy en día los jabones han adoptado un enfoque multifuncional. Y de aquí la necesidad de incorporar al jabón aditivos que lo enriquezcan. A continuación se mencionan las principales categorías:

- Emolientes
- Humectantes
- Agentes oclusivos
- Agentes dermoabrasivos / exfoliantes
- Componentes farmacéuticos
- Anti-irritantes
- Mejoradores de espuma
- Compuestos misceláneos

Emolientes

Los emolientes son compuestos utilizados para mantener la suavidad de la piel. Ésteres grasos, éteres alcohoxilados y alcoholes alcohoxilados son algunos ejemplos de emolientes utilizados en el jabón. Los niveles típicos de uso son entre 1% - 3%. Estos compuestos son por lo general son estables bajo condiciones normales de una barra. En la tabla siguiente se enlistan algunas categorías generales.

Tabla 3.3 Emolientes Comúnmente utilizados en jabones.

Ésteres	Butil-miristato, Cetil- palmitato, Glicerol- laurato, Glicerol estereato, Isopropil-miristato, Isopropil palmitato, Octil- palmitato, Tridecil- neopentanoato
Éteres	Metil- glucen 10, Metil- glucen- 20, PPG-10 metil- glucosa éter, PPG-20 cetil éter, PPG-20 lanolin alcohol éter, PPG 20 metil glucosa éter, PPG-20 oleil éter, PPG-3 miristil éter
Alcoholes	Cetearil alcohol, Cetil alcohol, Stearil alcohol
Aceites	Aceite de Castor, Aceite de Jojoba, Aceite mineral, PEG-glicéridos, petrolato, aceite de almendra, aceite de oliva, aceite de germen de trigo.
Glicoles	Glicerina, Propilenglicol
Derivados de Lanolina	Lanolina acetilada, Lanolina, Esteres de Lanolina, Alcoholes de Lanolina, Ácidos grasos de Lanolina, PEG-lanolina.
Derivados de Silicón	Fluido de Silicón –Dimeticón- Copoliol

Humectantes

Los humectantes son agentes acondicionadores de la piel que incrementan la humedad. Tienden a funcionar como compuestos higroscópicos que atraen al agua reduciendo la cantidad de agua que abandona la piel. Su uso común va de un 0.1% hasta un 10%. Cabe mencionar que los monosacáridos, como la fructosa y la glucosa, tienden a oscurecer la barra bajo condiciones alcalinas. La neutralización alcalina con ácido graso de coco o ácido esteárico disminuye considerablemente este efecto. Los disacáridos, en cambio, son más estables bajo las condiciones antes mencionadas. Para niveles altos (10%) de alcoholes y glicoles, como glicerina y sorbitol, se puede presentar un fenómeno de sudado en la barra.

Tabla 3.4 Humectantes Comunes

Sacáridos	Fructosa, Glucosa, Miel, Lactosa, Sucrosa, Xilitol.
Ésteres	Metil glucen-10, Metil glucen-20, PPG-10 propilenglicol.
Alcoholes	Manitol, Sorbitol.
Glicoles	Glicerina, Propilenglicol.
Compuestos Misceláneos	MEA acetamida, Urea, PCA de Sodio

Agentes Oclusivos

Los agentes oclusivos incluyen ingredientes diseñados para prevenir la evaporación de la humedad de la piel, ayudando, de esta forma, a mantener la suavidad y tersura. Estos agentes son generalmente lípidos naturales y su uso va de un 1% a un 10%. Niveles más altos pueden producir problemas de extrusión y estampado.

Tabla 3.5 Agentes Oclusivos

Aceite de Castor
Aceite de Coco
Aceites hidrogenados
Aceite de Jojoba
Cera de Jojoba
Aceite Mineral
Ceras sintéticas y naturales
Aceite de oliva
Petrolato
Aceite de Sésamo
Aceite de germen de trigo
Sebo
Aceite de Almendra

Agentes Dermoabrasivos / Exfoliantes

Estos agentes trabajan en conjunto con limpiadores removiendo la capa más externa de la piel a base de tallar. Actualmente se usan componentes naturales como fibras, avena, semillas y, en algunos casos, granos de polietileno de distintos tamaños. Estos agentes pueden ser incorporados en el amalgamador teniendo cuidado en la etapa de refinamiento para que el agente no sea filtrado. La distancia entre los rodillos debe ser considerada para no reducir el tamaño de los granos.

Compuestos Farmacéuticos

Dentro de los compuestos farmacéuticos más utilizado en jabones se encuentran los antimicrobiales y los astringentes para controlar el acné. Agentes antimicrobiales comúnmente usados son el Triclosán y el Triclocarban, cuyo uso típico se encuentra entre un 0.3% y un 1% para el Triclosán y un 1.0% a un 1.5% para el Triclocarban. Estos agentes se incorporan en el amalgamador y pueden ser disueltos o dispersados en el perfume.

Los agentes para controlar el acné más utilizados son el ácido salicílico (0.5% -2%) y el azufre (3% - 10%). Contaminación por hierro debe ser monitoreada pues ambos ingredientes extraen el hierro del equipo y lo incorporan al jabón, lo cual puede acelerar el enranciamiento de la barra. El azufre es generalmente estable, pero el ácido salicílico debe ser estabilizado con ayuda de la trietanolamina.

Anti-irritantes

Se ha comprobado sobre todo en sistemas de champúes que existen agentes que reducen significativamente los efectos irritantes en ojos y piel. Algunos agentes comerciales son los ésteres de sucrosa (1%-3%), lactilatos (2%-5%), amfotéricos (2%-5%) y aceites vegetales etoxilados (2%-5%). Aún no se entiende completamente cómo funcionan estos agentes, pero se presume que está involucrado el acomplejamiento de sustancias irritantes y el bloqueo de áreas sensibles.

Surfactantes Secundarios

Estos ingredientes son generalmente utilizados para mejorar el desempeño del jabón, resultando en una mejora en la sensación de la piel, reducción de irritabilidad de surfactantes primarios, mejoramiento de la solubilidad y mejoramiento de la cantidad y calidad de la espuma.

En la tabla siguiente se muestran algunos surfactantes típicos cuyo uso generalmente está por debajo del 5%. Se debe de tener cuidado al escoger el surfactante, pues éste debe ser compatible y estable de acuerdo al pH del sistema. Algunos surfactantes líquidos pueden causar problemas serios de procesabilidad.

Tabla 3.6 Surfactantes Secundarios

Clase	Ejemplo	Tipo	Forma
Acil isetonatos	Cocoil isetonato de sodio	Aniónico	Sólido
Anfóteros	Cocoanfodipropionato disódico	Anfótero	Pasta
Sarcosinatos	Cocoil Sarcosinato de sodio	Aniónico	Líquido-Sólido
Sulfosuccinatos	Sulfosuccinato lauril disódico	Aniónico	Líquido-Sólido
Sulfoacetatos	Silfoacetato lauril Sódico	Aniónico	Sólido

Formulación de Jabones Translúcidos⁹

Tanto la fórmula como el proceso son de gran importancia para la manufactura de jabones translúcidos. Una buena fórmula puede ser un fracaso si no se cuenta con un proceso adecuado. Existen dos métodos básicos para la manufactura de jabón translúcido: el método del solvente y el método del trabajo mecánico.

En el método del solvente, el más comúnmente usado en la manufactura de jabones translúcidos a pequeña escala, se disuelve jabón seco convencional en forma sólida en etanol hirviendo, una vez formada una solución clara y homogénea se deja evaporar la mayor cantidad de solvente posible y se vierte en moldes. Después de algunas semanas de reposo en un lugar acondicionado se evaporan más alcohol y agua y el jabón alcanza la firmeza adecuada. La desventaja de este método es la larga duración del proceso y que se trabaja con solventes caros y peligrosos, lo que desde el punto de vista económico y ecológico resulta poco atractivo. Este proceso resulta impráctico para la manufactura de jabones a gran escala. Otro método menos utilizado es el llamado proceso de semi-hervido, en el que una mezcla de ácidos grasos es neutralizada con una solución de hidróxido de sodio en un recipiente cerrado. Solo el vapor de agua es liberado al final de la reacción y la glicerina formada se retiene en el jabón. Después se vacía el jabón en moldes para que se enfríe la mezcla rápidamente, lo que a su vez, promueve la transparencia.

⁹ US Patent Number: 5736504 (1998). US Patent Number: 5898027 (1999)

El método más factible para la manufactura a gran escala es el del trabajo mecánico. En el que jabón base frío y parcialmente seco es sometido a un trabajo mecánico intenso. Generalmente se le añaden ciertas cantidades de inhibidores de cristalización al jabón base antes de ser secado. Pero la translucidez es alcanzada después de un intenso trabajo mecánico en la molienda y refinación. En esta parte nos enfocaremos exclusivamente a la formulación del jabón para el proceso de trabajo mecánico y se podrán notar las diferencias substanciales en comparación con una fórmula de un jabón opaco.

Como se explicó anteriormente, el jabón tiene tres fases cristalinas, de las cuales la fase beta es en la cual se puede obtener la transparencia. La transparencia / translucidez del jabón se logra mediante la formación de una estructura microcristalina, a través de la cual puede pasar la luz sin ser muy refractada. Este efecto es enteramente físico, y depende de las condiciones bajo las cuales cristaliza el jabón y no tanto de las sustancias que contenga la fórmula. Es por eso que en los jabones translúcidos fabricados por el método del solvente, la transparencia se mantiene una vez evaporado el alcohol.

Una barra se clasifica transparente cuando se puede leer una letra de 12 pt a través de una barra de una pulgada de espesor. Sin embargo existen métodos más precisos para determinar la transparencia de un jabón. La diferencia entre un jabón transparente y uno translúcido es el grado de opacidad de la barra. Existen diferentes métodos para medir la opacidad. El método más común es utilizar un Colorímetro Pacific Scientific Colorgrad System, similar al Colorímetro Tristimulus Hunter. Éste es calibrado para realizar dos mediciones. La primera medición se realiza colocando la barra sobre una superficie blanca bajo una fuente de luz. La segunda medición se realiza colocando la barra sobre una superficie negra, también bajo una fuente de luz, para determinar la cantidad mínima de luz reflectada. El porcentaje de opacidad se determina dividiendo la segunda medición entre la primera y multiplicando por cien.

Una barra se considera transparente cuando el porcentaje de opacidad de una barra de $5/8$ a $3/4$ de pulgada es menor al 40 %. La barra se considera translúcida si el porcentaje es de 40% a 85% y opaca cuando es mayor de 85%. Por el método del solvente es posible fabricar jabones con alto grado de transparencia, sin embargo para los métodos utilizados en gran escala, solo es posible alcanzar la translucidez.

La fórmula a utilizar va de la mano con el proceso, pues se tiene que hacer un análisis muy cuidadoso para balancear la fórmula y el proceso con el fin de alcanzar un producto con buena translucidez y que sea rentable.

Como se mencionó antes, es conveniente añadir inhibidores de cristalización al jabón base antes de ser secado. Estos inhibidores se añaden por lo general en un mezclador cuando el jabón sale de la etapa de reacción, a una temperatura aproximada de 80 °C y una humedad de 30%.

El Jabón Base que se utiliza no tiene nada de especial, es el comúnmente utilizado para la fabricación de jabones opacos: una mezcla grasa 80% sebo 20 % aceite de coco neutralizada con hidróxido de sodio. En la tabla siguiente se muestran las características del Jabón Base.

Tabla 3.7. Composición Jabón Base

Jabón anhidro	69%
Cáustico (como hidróxido de sodio)	0.06% máx.
Sal (NaCl)	0.2% - 0.6%
Glicerina	1%
Agua	29.44%

Los inhibidores de cristalización más comúnmente usados son los azúcares, glicoles y alcoholes. A continuación se muestra una tabla con los principales agentes inhibidores de cristalización:

Tabla 3.8. Inhibidores de cristalización:

Glucosa
Sorbitol
Glicerina
Propilenglicol
Polipropilenglicol
Polietilenglicol
Etil hexanodiol
Hexilen glicol
Alkil poliglicosida
Etanol
Trietanolamina

Los inhibidores de cristalización actúan envolviendo a las pequeñas aglomeraciones de moléculas de jabón y las estabilizan para que en el momento de la cristalización se formen cristales muy pequeños. Generalmente se utiliza una mezcla de inhibidores en las fórmulas convencionales.

La formulación generalmente utilizada va de acuerdo a la siguiente proporción.

Jabón anhidro	65% - 80%
Cáustico libre	0.06% máx.
Ácido graso libre	0.5% máx.
NaCl	0.2% - 0.6%
Inhibidores de cristalización	7% - 20%
Agua	Porcentaje restante

Una mezcla inhibidora ejemplo puede ser 1,2-propilen glicol, sorbitol y glicerina en una relación 1.8-2.5:1:2-5.

En los jabones translúcidos se tiene que tener mucho cuidado con los aditivos que se quieran utilizar, por ejemplo, fragancias, colorantes, antioxidantes y bactericidas, pues pueden afectar negativamente la translucidez de la barra.

El principal problema se encuentra en el caso de los perfumes, pues generalmente están compuestos por una mezcla de aceites esenciales, agentes intensificantes y solventes, como por ejemplo alcohol bencílico, que por sus características perjudican la translucidez del jabón.

Generalmente la proporción de perfume utilizada va de un 0.8 hasta un 1.5 % en peso. El perfume necesita ser un perfume de tipo resistente a la alcalinidad. Sin embargo, estudios han demostrado que la incorporación de ciertos ácidos carboxílicos en el perfume, aumentan significativamente la translucidez del jabón, inclusive cuando se usan "perfumes malos". Preferentemente se utilizan cadenas de ácido carboxílico de 6 a 22 carbonos, con al menos un grupo carboxilo, como por ejemplo ácido iso-esteárico o hidrogenado. La cantidad recomendada de agente fomentador de translucidez va de un 30 a un 80 % en peso sobre la cantidad total de perfume.

Capítulo 4: “El proceso de saponificación continua: Continuous Neutral Fat Saponification Process -SCNC-N-”¹⁰

Los procesos de saponificación continua presentan varias ventajas frente al proceso tradicional de pailas. Antes que nada, son procesos energéticamente más eficientes. Como ya se revisó, la saponificación y/o la neutralización son reacciones exotérmicas. Es decir, una vez que los componentes han sido calentados a la temperatura de reacción ya no es necesario administrar alguna cantidad de calor extra.

¹⁰ SPITZ. “Soap technology for the 1990’s”. American Oil Chemists’ Society. Champaign, Illinois. 1990

En el proceso de pailas, grandes cantidades de vapor tienen que ser utilizadas no sólo para proporcionar la cantidad de calor necesaria para la reacción sino también para proporcionar un medio primitivo de agitación. La segunda ventaja del proceso continuo es que se abate enormemente la dependencia de factores humanos. Es conocido que en el proceso de pailas la calidad del jabón obtenido se encuentra ampliamente correlacionada con las habilidades del jabonero. Una tercera ventaja, como ya también se analizó, es la reducción en el tiempo necesario para obtener producto y, finalmente, la última ventaja la representa el hecho de que se necesite menos espacio de planta para un proceso continuo que para uno de pailas. Adicionalmente a todo esto, los procesos de saponificación continua permiten realizar una mejor extracción de la glicerina producida.

Factores claves del proceso

El objetivo del proceso de Saponificación Continua propuesto por Mazzoni, y llamado de ahora en adelante CONSAP, es el de producir de manera continua y eficiente jabón base para la manufactura de jabones que cumplan con las especificaciones necesarias y así cumplir con los requerimientos del consumidor, en cuanto a desempeño, calidad y precio. Los factores claves para la operación exitosa de este proceso son:

1. La medición precisa, reproducible y continua de los componentes involucrados en las proporciones adecuadas.
2. La temperatura, agitación y balance de materia adecuado, respetando el balance de electrolito, ya que de éste dependerá la eficiencia del proceso y la calidad del producto.
3. La eficiencia de remoción de glicerina preestablecida.

Balance de materia (Modelo de Wigner)

La manufactura del jabón, en una forma rudimentaria, es un proceso simple que ha sido practicado durante siglos. Los retos del proceso aparecen durante la separación y la purificación de los productos de la reacción. Esto se hace ajustando correctamente las cantidades de reactivos para la mezcla reaccionante y lavándola con una solución con la cantidad adecuada de electrolitos. A principios de este siglo, J.H. Wigner desarrolló un modelo empírico basado en observaciones del contenido de electrolito en el jabón y el equilibrio presente entre las fases. Utilizando este modelo es posible calcular todo el balance de materia del proceso de saponificación, incluidos los electrolitos y la glicerina. Este modelo da cabida a todas las etapas del proceso considerando la interacción y el equilibrio de los componentes en fases diferentes.

Las consideraciones básicas del modelo de Wigner son:

- ♦ La fase de jabón consiste de un hidrato de jabón que contiene 66% de TFM mezclado con solución libre. El hidrato de jabón con 66% TFM no puede ser separado en una fase discreta y todo el jabón contiene algo de solución libre.

- ◆ Los electrolitos (NaCl y NaOH) se presentan en la solución libre y la lejía separada pero no en el hidrato de jabón. Las concentraciones de electrolito en la solución libre y la lejía separada son las mismas.
- ◆ La suma del agua de hidratación y del agua de la solución libre constituye la lejía en el jabón. La glicerina está presente en todas las fases acuosas a la misma concentración, incluyendo el agua de hidratación.

¿Qué es lo que nos dice el modelo? Nos da un modelo simple de la estructura del jabón. Incluye, además, el postulado de que, en presencia de la cantidad adecuada de agua y electrolito, el jabón se separa en dos fases: en jabón hidratado y en la lejía circundante. El siguiente diagrama representa más gráficamente los postulados del modelo de Wigner:

JABÓN GRANADO			
Jabón neto			Lejía Separada
66% TFM Hidrato			
Jabón anhidro	Agua de hidratación	Solución libre	
No tiene	No tiene	X% NaCl	
		Y% NaOH	
	Z% Glicerina	Z% Glicerina	X% NaCl
			Y% NaOH
			Z% Glicerina

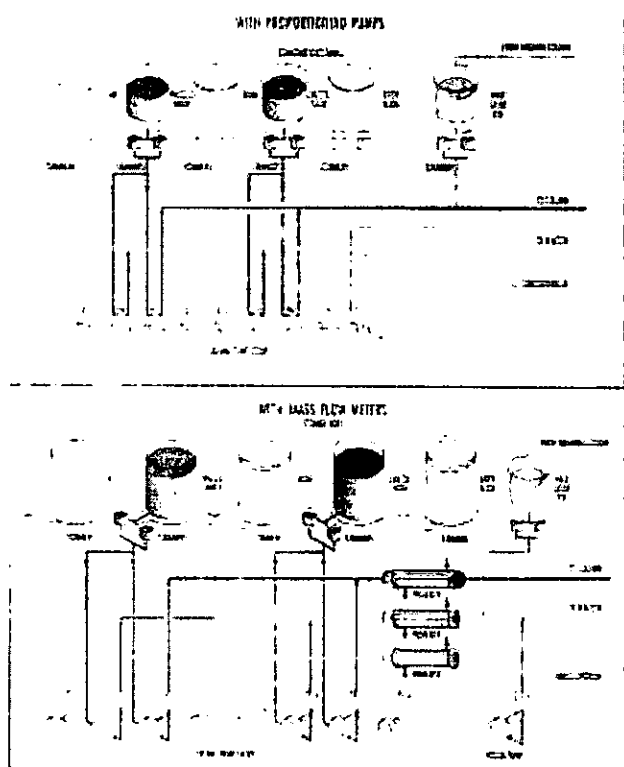
El hidrato de jabón es jabón seco unido a moléculas de agua de manera similar al agua que acompleja a algunas sales inorgánicas para formar un cristal. Por lo que, en términos prácticos, el hidrato de jabón es jabón seco hidratado por agua y glicerina. El contenido de jabón en el hidrato de jabón es siempre equivalente a 66% TFM y no contiene electrolito, la sal y el caústico se encuentran presentes sólo en la lejía circundante (o solución libre) al hidrato del jabón. El valor del modelo de Wigner consiste en considerar que el jabón siempre se separa en un hidrato y una fase líquida. Ahora sabemos que un jabón con un %TFM mayor a 66% no se separará, independientemente de cuánto electrolito y agua se agregue. Por lo que el jabón tendrá, primero, que ser disuelto a una concentración igual o menor a 66% de TFM para permitir que se forme el hidrato y el exceso de agua acarrée el electrolito. Por lo que el jabón tendrá que absorber, primero, agua y formar el hidrato. Debido a esto es que surge lo que se conoce como la "razón de absorción" que se define como la proporción que guarda la lejía total absorbida y las grasas.

Es importante mencionar que no es posible separar completamente el hidrato de la lejía formada, por lo que la lejía que no es posible separar recibe el nombre especial de solución libre. Por lo que el modelo de Wigner es una buena estrategia que nos provee de una visión clara de las relaciones existentes entre los elementos que forman la estructura del jabón.

Diagrama del proceso

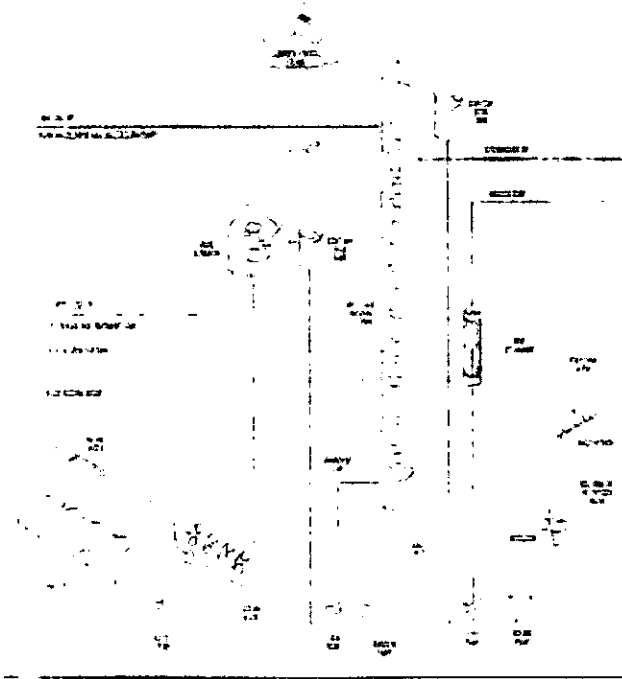
A continuación se presenta un diagrama del proceso de CONSAP¹¹:

- Sistema de dosificación de materias primas:

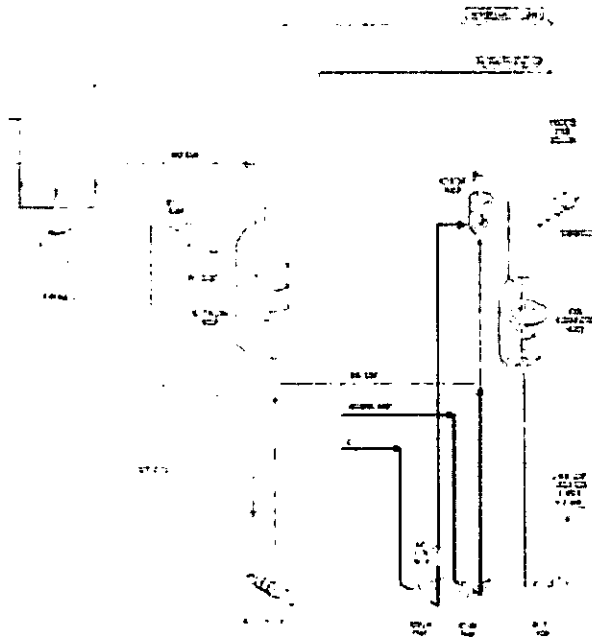


¹¹ Cortesía de G-Mazzoni

- Autoclave, Enfriador y columna de lavado:



- Neutralización:



La pieza clave de todo el proceso de saponificación es el correcto balance de materia en cada una de las etapas del proceso, ya que el funcionamiento correcto de cada una de las etapas depende de la cantidad correcta de electrolito, jabón y grasas. Las herramientas para realizar correctamente este proceso son el diagrama de fases, el modelo de Wigner y, finalmente, las medidas analíticas de cada una de las materias primas.

El autoclave y la reacción

La reacción se lleva a cabo, en el proceso de CONSAP, en el autoclave o reactor (Fig. 7). Éste es un equipo dividido en cuatro compartimentos en donde se mide y controla la adición de grasas y aceites, sosa cáustica y la lejía. Esta última es la mezcla de una lejía fresca y la lejía media generada durante el lavado. Todos los componentes son inyectados al circuito de recirculación del reactor. Los reactantes comienzan a disolverse en las micelas de jabón o en los cristales líquidos y la reacción puede ser considerada homogénea. La velocidad de reacción se incrementa conforme la grasa ha sido saponificada.

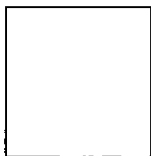


Fig. 7 Autoclave

El reactor se encuentra presurizado a dos kg/cm^2 y opera a una temperatura de 120°C . Estas son dos condiciones fundamentales para el proceso de saponificación en el reactor, ya que la temperatura y la presión tienen un efecto catalítico en el proceso. Debido a que el reactor trabaja con sosa cáustica diluida, se forma un sistema de dos fases constituido por jabón con aproximadamente 54%TFM y lejía gastada.

En esta parte del proceso es donde es útil el concepto de lejía absorbida y razón de absorción. Supongamos que deseamos saponificar 100 kg. de grasas (95% FA) con sosa cáustica al 50% NaOH. Asumamos que 14 kg. de NaOH al 100% son necesarios para saponificar los 100 kg. de grasas.

El %TFM resultante será:

- ◆ Sosa cáustica al 50% = $100(14/50)=28$ kg.
- ◆ %TFM= 74.2%

De acuerdo al modelo de Wigner, cuando el jabón formado entra en contacto con la lejía media alimentada al reactor, parte de ésta es absorbida por el jabón a 74.2%TFM para:

- ◆ Acompletar la hidratación a 66% TFM (no sal, no cáustico, sólo agua) o
- ◆ Diluir el jabón a 54% TFM

El cálculo de estas dos cantidades muestra lo siguiente:

1. Agua para completar la hidratación:

$$\begin{aligned} &= \text{Jabón a } 66\% \text{TFM} - \text{Jabón a } 74.2\% \text{TFM} = \\ &= (100 \times 95/66) - 128 = 15.93 \text{ kg.} \end{aligned}$$

2. Lejía media para dilución:

$$\begin{aligned} &= \text{Jabón a } 54\% \text{TFM} - \text{Jabón a } 66\% \text{TFM} = \\ &= (100 \times 95/54) - (100 \times 95/66) = 31.98 \text{ kg.} \end{aligned}$$

3. Cantidad total de lejía absorbida = 47.91 kg.

El total de lejía absorbida relacionado con la grasa alimentada se define como:

$$\text{Razón de absorción} = 47.91/100 = 0.48$$

Asumamos ahora que el jabón a 54%TFM (175.92 kg.) es lavado en la columna con 85 kg. de lejía fresca. El jabón entra a la torre a 54%TFM y sale de la torre a 54%TFM, por lo que la cantidad de lejía media corresponde a la cantidad de lejía fresca (85 kg.).

La cantidad de lejía media relacionada con la grasa se define como:

$$\text{Razón interna} = 85/100 = 0.85$$

Como se mostró arriba, esta lejía media se divide en dos corrientes: la parte absorbida por el jabón (47.9 kg.) y la diferencia (37.1 kg.) que es la cantidad de lejía gastada generada que se envía para recuperar glicerina.

La cantidad de lejía gastada relacionada con la grasa se define como:

$$\text{Razón externa} = 37.1/100 = 0.37$$

De donde se observa que el Razón interna = Razón de absorción + Razón externo.

Los valores numéricos de estos tres radios dependen de lo siguiente:

- ◆ La razón interna: Depende de la eficiencia del lavado en la columna (número de etapas y diseño de la torre), la glicerina contenida en la salmuera y los radios económicos de recuperación de glicerina y evaporación de lejía.
- ◆ La razón de absorción: Depende de la cantidad total de agua adicionada, excepto en forma de lejía media, durante la saponificación. Normalmente no debe ser adicionada agua, si esto se hace la razón de absorción decrece.
- ◆ La razón externa: Depende de los valores de las otras dos razones.

El control de estos razones es sumamente importante en el proceso de producción de jabón debido a las siguientes razones:

1. Toda la glicerina generada durante la reacción, más la glicerina proveniente de la salmuera (menos la glicerina que deja el proceso con el jabón lavado) es incorporada en la lejía gastada.

2. La razón externa determina la concentración de glicerina en la lejía gastada: por lo que si se agrega agua a la saponificación, la concentración de glicerina en la lejía gastada disminuirá para igualar la razón interna.
3. Maximizando la cantidad de lejía absorbida, la cantidad de lejía gastada generada se minimiza. Como consecuencia, la glicerina contenida en la lejía gastada se incrementa.
4. Por el contrario, la lejía absorbida decrece si agua, salmuera o lejías pobres son adicionadas al reactor. En este caso, la cantidad de glicerina en la lejía gastada será menor.

El único punto racional para la introducción de agua es con la lejía fresca en la columna de lavado. Si el agua es adicionada en cualquier otro punto, ésta tendrá que eliminarse por medio de la lejía fresca a manera de evitar la dilución de la lejía gastada. La lejía absorbida también modifica la cantidad de electrolito contenido en la lejía gastada. Recordemos que el agua absorbida por el jabón concentrado para su hidratación no contiene sal o sosa cáustica (Modelo de Wigner) por lo que gran parte del electrolito en la lejía media es sosa cáustica, que se consume en la reacción; por esto, se tiene que agregar sal para obtener el granado correcto. Cuando el jabón entra a la columna y se pone en contacto con la lejía fresca (alto cáustico) ocurre un sobregranado y se reduce la eficiencia de lavado.

La separación y el enfriamiento

La mezcla jabón lejía que sale del autoclave debe ser enfriada para poder separar la lejía gastada del jabón antes de ser lavado. El enfriamiento ocurre en el enfriador que es un tipo especial de intercambiador de calor con un agitador interno en donde se encuentran ensamblados discos.

Los discos tienen una doble pared por donde circula el agua de enfriamiento. Aquí es donde se ajusta el flujo de agua para lograr el enfriamiento adecuado: de 120°C a 85°C. Es sumamente importante que en este equipo la temperatura se encuentre lo más cercana a los 85°C, ya que a esta temperatura se maximiza la separación de las fases jabón y lejía gastada. Es decir, temperaturas más altas o más bajas a ésta reducen la eficiencia de la separación. La figura 8 ilustra lo anterior:

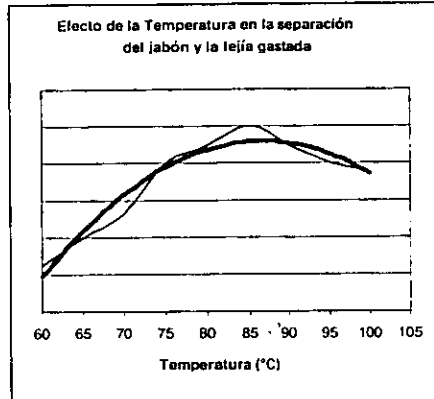


Fig. 8 Efecto de la Temperatura en la Separación de Jabón y Lejía Gastada

Finalmente, el jabón proveniente del enfriador es enviado al separador estático, el cual tiene como finalidad el separar las dos fases creadas: el jabón y la lejía gastada, la que se someterá a procesos posteriores (evaporación y destilación) para recuperar con un alto grado de pureza la mayor cantidad de glicerina posible originada durante la saponificación. En el separador es importante mantener el nivel correcto de interfase para asegurar, según sea el caso, que no arrastramos jabón o lejía indeseada.

El lavado

Junto con la reacción de saponificación, el lavado constituye una de las partes medulares del proceso de CONSAP. Los objetivos fundamentales del lavado del jabón son: remover todas las impurezas solubles en la lejía y recuperar la mayor cantidad posible de la glicerina producida durante la saponificación de los triglicéridos. La teoría de lavado se fundamenta en los siguientes puntos:

1. La glicerina es completamente soluble en la lejía.
2. Según el modelo de Wigner, la glicerina en el jabón se encuentra disuelta en la lejía del jabón (solución libre+agua)
3. Cuando el jabón se pone en contacto con la lejía fresca, la glicerina migra de la lejía en el jabón hacia la lejía fresca hasta igualar concentraciones.
4. Cuando la mezcla se deja separar, la fase superior la constituye el jabón y la inferior la lejía de lavado; la concentración de glicerina en la lejía del jabón es igual a la existente en la lejía fresca.
5. Cuando el lavado se incrementa, mayor cantidad de glicerina se recupera a expensas de una mayor cantidad de lejía.

En la lejía fresca o de lavado se debe utilizar una concentración de electrolito cercana al límite de solubilidad de la lejía, en donde la glicerina es completamente soluble y el jabón es prácticamente insoluble.

La columna de lavado

En prácticamente todos los procesos existentes actualmente se utiliza una columna de discos rotatorios de contacto (RDC). Las columnas RDC son mecánicamente agitadas mediante una flecha vertical con discos montados sobre ella con baffles colocados en la pared de columna. La lejía de lavado, con una concentración de NaCl y NaOH no menor al límite de solubilidad, entra a la columna por la parte superior, a suficiente distancia, para permitir la separación de la lejía. La interfase jabón-lejía en la región inferior de separación. El jabón crudo (jabón sin lavar) entra a la columna por la parte inferior, por debajo del nivel de la interfase. La lejía es recolectada en la base de la columna, ya que actúa como un recolector. Las columnas RDC (Fig. 9) difieren en diseños de 28 a 56 platos o discos, en donde la mayoría de las columnas utilizan 40 discos.

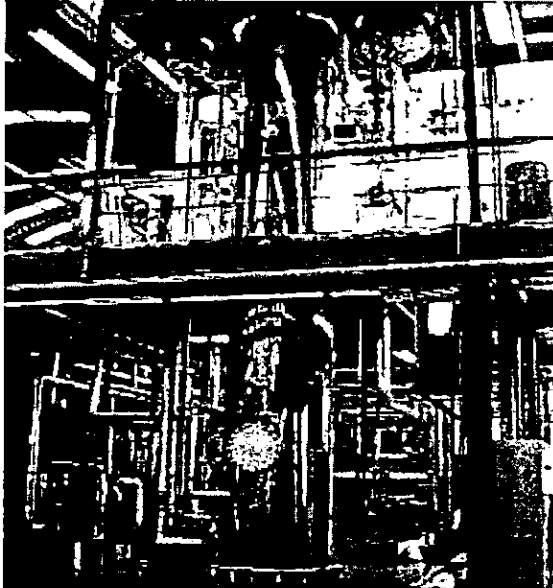


Fig. 9 Columna de Lavado

Uno de los líquidos es dispersado en el otro, y el tamaño de las partículas dispersadas dependerá de la velocidad del rotor. La lejía en contacto con el primer disco es proyectada hacia el jabón y se forman los primeros pequeños corpúsculos. Los corpúsculos de lejía circulan entre los discos y caen por acción de la gravedad hacia el siguiente compartimento. En teoría, la fase dispersa debe ser la menos viscosa; por lo

que al dispersar la lejía en el jabón, la interfase debe mantenerse por debajo del disco más bajo.

A una velocidad fija de rotación, los corpúsculos de lejía dispersados en el jabón son más pequeños que los corpúsculos de jabón dispersados en la lejía, esto debido a que la lejía es menos viscosa que el jabón; por lo que, a una razón lejía/jabón dado, el área interfacial será maximizada. En la práctica, los discos no son perfectamente lisos por lo que se crea cierta turbulencia dentro de la columna. Esta turbulencia se minimiza si el jabón se convierte en la fase continua. Mientras más lisos sean los discos más se abatirá la turbulencia vertical y se eliminará el remezclado y, con ello, se evitará que la eficiencia de lavado disminuya.

Las variables importantes de diseño en la columna son: el diámetro del rotor, la abertura de los baffles y el espacio entre discos. Al incrementar el diámetro del rotor o la abertura entre baffles, la capacidad de la columna se incrementa pero la eficiencia de lavado disminuye.

Eficiencia de la extracción

Para conseguir los valores adecuados de glicerina en el jabón es indispensable hacer caso de las siguientes consideraciones:

1. Las condiciones de operación y la cantidad de electrolito en la lejía fresca tienen que ser ajustados de acuerdo a la composición del jabón.
2. El contenido de glicerina en la lejía fresca debe ser menor a 0.30%, esto implica que los residuos de glicerina en la sal de reciclaje no deben ser mayores a 1.50%. Esto se debe a que el jabón en la última etapa de lavado se encuentra muy cerca del equilibrio con la lejía fresca.
3. Es necesario emplear la razón interna correcta. Esto dependerá del número de etapas de lavado y de la concentración de glicerina en la lejía fresca.

La concentración de glicerina en la lejía gastada dependerá de la razón interna, de la razón de absorción (cantidad de agua adicionada al proceso, excepto la de la lejía fresca), la concentración de glicerina en la sal reciclada y la cantidad total de glicerina a ser extraída.

Ajuste de la proporción NaCl/NaOH

Una solución concentrada de electrolito, cercana al límite de solubilidad, es la adecuada para utilizarse durante el lavado. De acuerdo al modelo de Wigner, la concentración de NaCl y NaOH en la solución libre en el jabón lavado es la misma que en la lejía fresca. Para una composición específica de grasas, la proporción de NaCl/NaOH en el jabón

lavado depende de la composición de la lejía fresca. Para producir jabón con las especificaciones necesarias de sal y cáustico, el nivel de NaCl contenido en la lejía fresca tiene que ser igual al contenido deseado de sal en la solución libre del jabón. El electrolito total necesario en la lejía fresca tendrá que ser compensado con NaOH. El jabón que deja las centrifugas con alto contenido en cáustico tendrá que ser neutralizado, mientras que el exceso de cáustico en la lejía media será usado en el autoclave para la saponificación.

Durante este proceso, la lejía recuperada en las centrifugas regresa a la columna y se considera como parte de la lejía fresca, ya que de acuerdo al modelo de Wigner sus composiciones tienen que ser sumamente parecidas. El procedimiento para calcular las cantidades exactas de NaOH y agua que deben ser alimentadas a la columna se ejemplifica a continuación:

Asumamos que 10 ton/h de jabón lavado con 54%TFM deja la columna y que una muestra de este jabón separa una lejía con 10% de NaCl y 2% de NaOH. El jabón tiene que ser ajustado para obtener 63% TFM, 0.40% NaCl y 0.10% NaOH. ¿Cuáles son las cantidades necesarias de una solución de NaOH al 50% y agua a ser inyectadas a la columna?

- ◆ Jabón 54%TFM= 10 ton/h
- ◆ Hidrato de jabón 66%TFM= $10(54/66)= 8.18$ ton/h
- ◆ Cantidad de solución libre= $10-8.18=1.82$ ton/h
- ◆ Cantidad de sal en la solución libre= $(1.82 \times 10)/100= 0.182$ ton/h
- ◆ Cantidad de sosa en la solución libre= $(1.82 \times 2)/100= 0.0364$ ton/h

Para ajustar el jabón es necesario inyectar, a la columna, sosa cáustica para obtener la proporción correcta de NaCl/NaOH. Agua es adicionada para reducir la concentración total.

La proporción NaCl/NaOH requerida es= $\%NaCl/\%NaOH= 0.40/0.10=4$

Como se calculó, el jabón lavado contiene 0.182 ton/h de NaCl y 0.0364 ton/h de NaOH. Para corregir estos valores la cantidad de NaOH @50% que se necesita agregar es la siguiente:

$$(0.182/4)- 0.0364= 0.0091 \times (100/50)= 0.0182 \text{ ton/h}$$

Para obtener jabón con 63%TFM es necesario adicionar agua:

- ◆ Hidrato de jabón 66%TFM= $(63/66)100= 95.45 \%$
- ◆ Solución libre= $100-95.45= 4.55 \%$
- ◆ NaCl en el jabón= 0.40%
- ◆ NaCl en la solución libre= $(100 \times 0.40)/4.55= 8.8\%$

La cantidad de solución libre es 1.82 ton/h y contiene 10% de NaCl. Para diluirla al 8.8%, la cantidad de lejía debe ser:

$$(1.82 \times 10)/8.8= 2.07 \text{ ton/h}$$

La suma de la cantidad de solución libre y la sosa agregada nos da 1.838 ton/h. La diferencia entre la cantidad total de lejía y este valor representa la cantidad de agua que debe ser adicionada: 0.232 ton/h. Por lo que la cantidad a adicionar de NaOH @50% es de 0.0182 ton/h y de agua 0.232 ton/h.

Balance de materia y energía para el proceso de CONSAP

A continuación se presenta el balance de materia de todo el proceso de CONSAP para obtener 100 kg/h de jabón base con las especificaciones que, más adelante, se listarán para una mezcla 80% sebo- 20% aceite de coco:

Balance de materia total

Especificaciones de las grasas y aceites:

	FFA	Moistura	Uscsp	SV	AV	GI
Sebo	0.5	0.25	0.25	190.5	0.9775	8.7
Aceite de Palma	2.0	0.25	0.25	249.5	6.487	13.5
Aceite de coco	2.6	0.25	0.25	254.5	6.669	20.3

%TFM Jabón neto	69.33					
%TFM Jabón antes columna	52					
Ingresar Valor Coco (1) PKO (g)	1					
Proporción de Sebo	0.80					
Proporción Coco/PKO	0.20					
Rate CONSAP	100					
Rate Entrada	98					
Índice de granado	11.02					
% Glicerina en el jabón neto	0.8					
%NaCl en el jabón neto	0.5					
% NaOH en el jabón neto	0.075	% Na2O en el jabón	0.06			
%NaOH en la lejía gastada	0.95					
%NaCl/%NaOH en el jabón	8.6667					
Resido externo	0.32					
%NaCl en el índice de granado	65					
%NaCl en la salmuera	26					
%Exceso de sosa	8.5					
Proporción granado real/teórico	1					

Balance Triglicérido

Masa CrO/PKO	10.22
Masa Sebo	46.81
Partes T	96.58
SV avg	203.70
MW T Aparante	810.30
Real MW T	758.80
Real MW T-Gl	760.80
Mol T	0.07
Mol NaOH	0.21
kg NaOH	8.57
kg NaOH@50%	17.13
Mol Glicerina	0.07
kg Glicerina	6.57
Mol jabón	0.21
MW avg Jabón	275.60
kg Jabón Anhidro	58.02

Partes por Neutralización

1.49

Balance FFA	
Masa CrO/PKO	10.22
Masa Sebo	46.81
Partes FFA Laurico	2.80
Partes FFA Oleico	0.50
MW FFA Laurico	200.00
MW FFA Oleico	282.00
Real MW FFA	216.40
Mol FFA	0.002
Mol NaOH	0.002
kg NaOH	0.08
kg NaOH@50%	0.16
Mol jabón	0.002
MW avg Jabón	238.40
kg Jabón Anhidro	0.55
kg Agua generada	0.04

Radio de absorción	1.14
Radio interno	1.46
kg NaOH @50% TOTAL	17.32
kg Glicerina	6.57
kg Jabón Anhidro TOTAL	59.57
kg Glicerina Neutra	0.16
Glicerina TOTAL	6.73

GRASAS

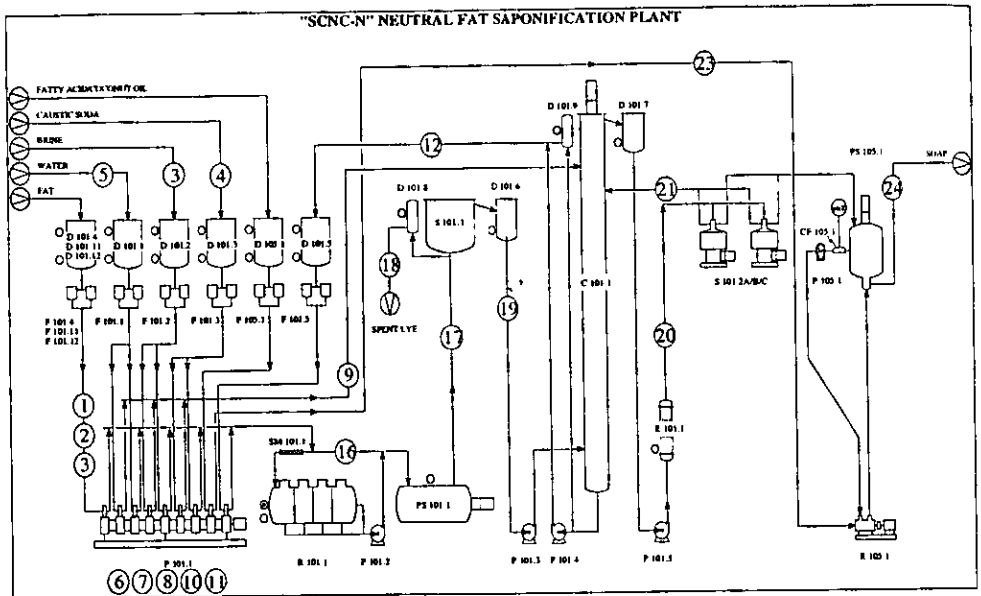
Distribución de ácidos grasos	Sebo	Coco	PKO
Caprílico (C24H48O2)		7	4
Láurico (C12H24O2)		48	50
Mirístico (C14H28O2)	2.5	19	15
Palmitico (C16H32O2)	27	9	7
Estearico (C18H36O2)	20	2	2
Oleico (C18H34O2)	42	6	15
Linoléico (C18H32O2)	5	1	1
Linolénico (C18H30O2)	1		

MW	267.83	214.38	217.72
MW jabón de sodio	273.66	220.36	223.66

BALANCE DE MATERIA POR EQUIPOS AJUSTANDO GLI NEUTR/

	%NaCl	%NaOH	%ET
Leña de lavado	7.18	3.21	11.02
Leña media	12.82	1.77	14.75

Balance de materia por equipos (para el número de corriente hacer referencia al diagrama del proceso anexo)



BALANCE POR COMPONENTE

	Sebo		Coco/PKO		Sosa		Salmuera		Agua proceso		Jabón s/n N		Lejía pastada	
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Sebo	46.57	99.50												
Coco			10.16	99.50										
Jabón anhidro											59.57	69.33		
Unsap	0.12	0.25	0.03	0.25	8.66	50.00					0.14	0.16		
100% NaOH											0.07	0.08	0.17	0.95
100% Sal							2.90	26.00			0.43	0.50	2.41	13.22
Glicerina											0.69	0.80	6.06	33.30
Agua	0.12	0.25	0.03	0.25	8.66	50.00	8.26	74.00	18.45	100.00	25.78	30.00	9.58	52.52
TOTAL	46.81	100.00	10.22	100.00	17.32	100.00	11.16	100.00	18.45	100.00	86.68	100.87	18.25	100.00

BALANCE POR EQUIPO

REACTOR

Entradas

Corrientes:

	1		2		4		3		5		12	
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Sebo	46.57	99.50										
Coco			10.16	99.50								
Jabón anhidro											0.94	1.77
Unsap	0.12	0.25	0.03	0.25	8.27	50.00					6.66	12.62
100% NaOH							0.90	26.00			16.98	32.15
100% Sal											28.23	53.45
Glicerina												
Agua	0.12	0.25	0.03	0.25	8.27	50.00	2.56	74.00	0.00	100.00		
TOTAL	46.81	100.00	10.22	100.00	16.53	100.00	3.46	100.00	0.00	100.00	52.81	100.00

Salidas

Corriente:

17

	Jabón del reactor	
	kg/h	%
Sebo		
Coco		
Jabón anhidro	59.57	45.67
Unsap	0.14	0.11
100% NaOH	0.54	0.42
100% Sal	7.56	5.90
Glicena	23.55	18.05
Agua	39.06	29.95
TOTAL	130.43	100.00

COLUMNA

Entradas

Corriente:

	9		6		7		8		19		21	
	Lejía de lavado	%	Salmuera de lavado	%	Sosa de lavado	%	Agua de lavado	%	Jabón a la columna	%	Lejía de centrifugas	%
Sebo												
Coco												
Jabón anhidro									59.57	52.00		
Unsap									0.14	0.12		
100% NaOH	0.90	3.21			0.90	50.00			0.37	0.32	0.29	1.15
100% Sal	2.00	7.16	2.00	26.00					5.15	4.50	0.42	1.70
Glicena									17.47	15.25	0.44	1.77
Agua	25.04	89.62	5.70	74.00	0.90	50.00	18.45	100.00	29.47	25.73	23.72	95.37
TOTAL	27.94	100.00	7.70	100.00	1.80	100.00	18.45	100.00	112.18	97.92	24.87	100.00

Jabón a la columna
 Agua de horatación 13 5132
 Lejía absorbida 38 950

Salidas

Corriente:

12

20

	Lejía media		Jabón de la columna	
	kg/h	%	kg/h	%
Sebo				
Coco				
Jabón anhidro			59.57	53.10
Unsap			0.14	0.13
100% NaOH	0.94	1.77	0.62	0.55
100% Sal	6.66	12.62	0.91	0.81
Glicena	16.98	32.15	0.93	0.83
Agua	28.23	53.45	50.00	44.57
TOTAL	52.81	100.00	112.18	100.00

CENTRIFUGAS

Entradas

Corriente:

20

	Jabón de la columna	
	kg/h	%
Sebo		
Coco		
Jabón anhidro	59.57	53.10
Unsap	0.14	0.13
100% NaOH	0.62	0.55
100% Sal	0.91	0.81

ESTA TESIS NO SALE
 DE LA BIBLIOTECA

Salidas

Corriente:

	21		22	
	Lejía de centrifugas		Jabón de la centrifuga	
	kg/h	%	kg/h	%
Sebo				
Coco				
Jabón anhidro			59.57	68.23
Unsap			0.14	0.16
100% NaOH	0.29	1.15	0.33	0.38
100% Sal	0.42	1.70	0.49	0.56
Glicerina	0.44	1.77	0.49	0.56
Agua	23.72	95.37	26.28	30.10
TOTAL	24.87	100.00	87.31	100.00

Jabón de la centrifuga

Agua de hidratación	0.9578372
Lejía absorbida	27.73
Rabo	-0.034536

Neutralización

Entradas

	22		23	
	Jabón de la centrifuga		CnO Neutra	
	kg/h	%	kg/h	%
Sebo				
Coco			1.48	100.00
Jabón anhidro	59.57	68.23		
Unsap	0.14	0.16	0.004	
100% NaOH	0.33	0.38		
100% Sal	0.49	0.56		
Glicerina	0.49	0.56		
Agua	26.28	30.10	0.004	
TOTAL	87.31	100.00	1.49	100.00

Salidas

24	
Jabón neutro	
kg/h	%
69.33	69.33
0.16	0.16
0.08	0.08
0.50	0.50
0.80	0.80
29.13	29.13
100.00	100.00

Balance de energía

PRECALENTAMIENTO DE GRASAS

	T (°C)		Cp (J/kg °C)	m (kg)	Q (kJ)
	entrada	T (°C) salida			
Sebo	40	65	2928	46.81	3426.46
Aceite de coco	25	65	2719	10.22	1111.46

REACCION

	m (kg)	MM (kg/kgmol)	kgmol	Q hidrólisis (J/mol)	Q neutralización (J/mol)	Q reacción (J)
Sebo	46.81	860.9	0.054	75	59	7.285
Aceite de coco	10.22	656.1	0.018	75	59	2.087

ENFRIAMIENTO

	T (°C)		Cp (J/kg °C)	m (kg)	Q (kJ)
	entrada	T (°C) salida			
Mezcla de reacción	120.00	85.00	3012	130.43	-13748.24
Agua de enfriamiento	25.00	25.33	4187	10	13748.24

NEUTRALIZACION

	m (kg)	MM (kg/kgmol)	kgmol	Q hidrólisis (J/mol)	Q neutralización (J/mol)	Q reacción (J)
Aceite de coco de neutralización	1.48	656.1	0.0023	75	59	0.302

Especificaciones de calidad para el jabón base obtenido del proceso de CONSAP

Las especificaciones con las que debe cumplir el producto obtenido en el proceso de saponificación continua CONSAP, para una mezcla 80% sebo-20% aceite de coco, son:

Variable	Rango aceptable
Humedad	26-32%
Sal	0.2-0.8%
NaOH libre	0.02-0.10%
Glicerina	<1%

Con estos contenidos se asegura obtener la mayor cantidad de fase de jabón posible. Lo que concuerda con las necesidades de los procesos subsecuentes, así como con los requerimientos de calidad que el consumidor pretenderá encontrar en el producto terminado. Estas especificaciones son, además, las más adecuadas por el posterior proceso de secado ya que las propiedades del jabón base dependerán de ellas. (Para ejemplo de esto, ver anexo 1).

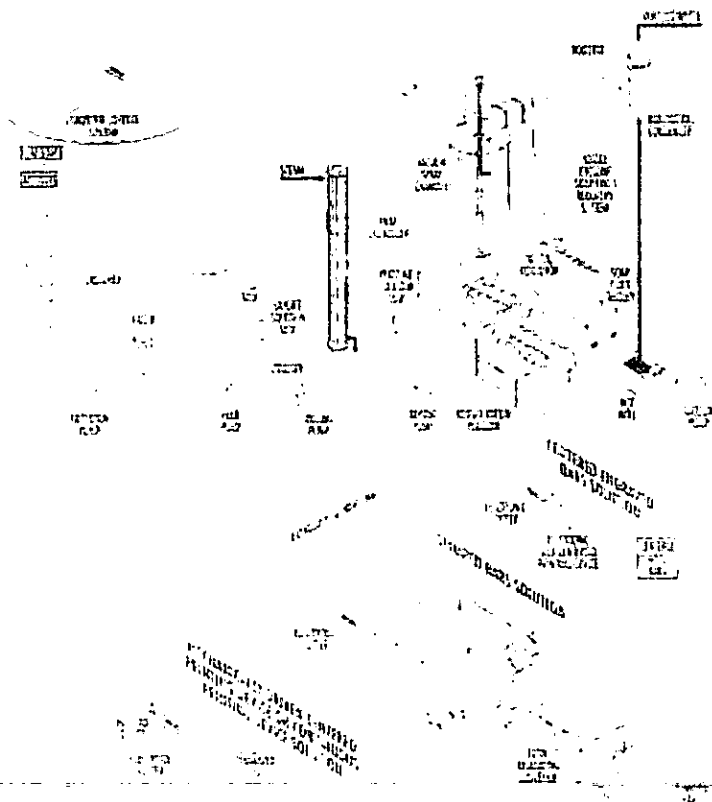
Capítulo 5: “Secado”¹²

Al jabón que se ha sometido a los procesos anteriormente mencionados se le conoce como jabón base. Sin embargo, este jabón contiene demasiada agua (alrededor de un 30%, ya que este nivel de humedad nos asegura que el jabón se encuentre en la fase correcta) como para poder ser procesado y comercializado. Debido a esto es necesario que se someta a un proceso de secado.

¹² SPITZ. “Soap technology for the 1990’s”. American Oil Chemists’ Society. Champaign, Illinois. 1990

El secado es una de las operaciones unitarias básicas en la producción del jabón. Prácticamente en toda industria jabonera se lleva a cabo un proceso de secado al vacío. Un sistema de secado al vacío comprende, básicamente: un tanque batidor, un tanque intermedio, una etapa de secado con uno o dos intercambiadores de calor y una cámara de vacío.

Un diagrama simplificado del proceso sería:



Básicamente, existen dos maneras para remover el exceso de agua: la evaporación (Temperatura) y la expansión o “flasheo” (Presión)¹³:

a)Evaporación: Este método consiste en incrementar la temperatura del jabón hasta su punto de ebullición para que el agua contenida en él cambie de fase y se evapore. Cabe recordar que la temperatura de ebullición es una función de la presión a la que se encuentre el sistema.

¹³ HADLEY. “Bar Soap Engineering Training Manual”

b) "Flasheo": A diferencia del método anterior, en este caso, la fuerza motora para la eliminación de agua es la presión. Esto ocurre al someter a la mezcla a una expansión adiabática (reducción de presión) lo cual ocasiona que parte del agua contenida se evapore. Es importante destacar que, al concluir este proceso, se producirá un descenso significativo en la temperatura de la mezcla.

c) Efectos combinados: En el secado al vacío se combinan ambos efectos. Inicialmente se lleva a mezcla a su temperatura de ebullición además de presurizarla. Obteniendo un flujo a dos fases. Posteriormente se expandirá súbitamente en una cámara de vacío en donde se alcanzará la evaporación necesaria:

A continuación se presenta un diagrama con los cambios termodinámicos a los que se somete la mezcla durante este proceso:

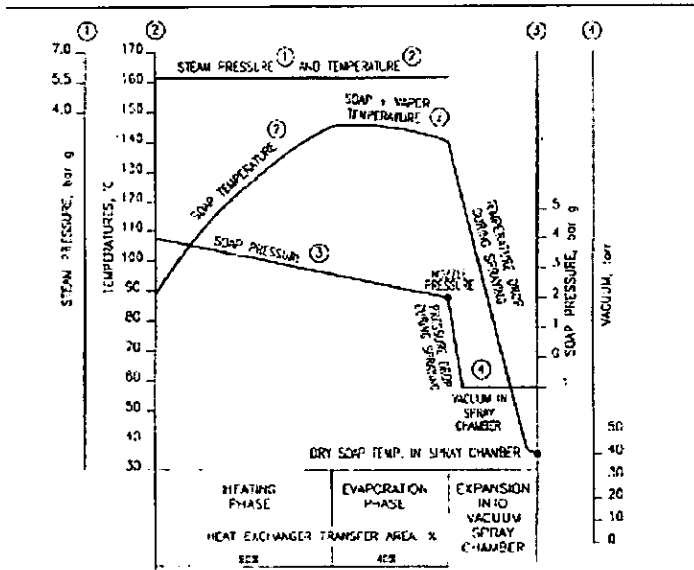


Fig. 10 Cambios Termodinámicos en el Proceso de Secado

Teoría del Secado

La operación de secado consiste en remover un líquido (en este caso agua) de un sólido por medio de evaporación o expansión.

En el secado al vacío, el ambiente en que se realiza la separación del agua es de 100% vapor, por lo que la temperatura de vaporización del líquido igualará o excederá la temperatura de saturación a la presión del sistema. En nuestro caso, a la presión de vacío de la cámara (cuando un líquido aislado o una superficie líquida está presente, el secado ocurrirá a la temperatura de saturación, tal como el agua pura a 1.03 kg/cm^2 que vaporiza en una atmósfera 100% de vapor a 100°C).

Para el caso del jabón, éste es calentado dentro del intercambiador de calor hasta su temperatura de ebullición para luego eliminar el agua vaporizándola en la cámara de vacío. Es importante asegurar que la presión y temperatura del jabón a la salida de los intercambiadores sea la requerida para no presentar el fenómeno de "boiling". Una operación en "boiling" quiere decir que estamos trabajando por encima de la curva de saturación del agua (Ver gráfica más adelante).

Esto es totalmente incorrecto pues acarrea deficiencias en la transferencia de calor en los intercambiadores:

- Reduce la eficiencia de los equipos, ya que en su interior se da un fenómeno de evaporación-condensación. Además de poder ocasionar "hard-specks" o puntos duros en la presentación final del producto.
- Incrementa la cantidad necesaria de calor lo que implica un mal empleo del vapor utilizado y la necesidad de una mayor cantidad de vapor.

La temperatura de ebullición depende de la presión, sin embargo, la temperatura del jabón en la etapa de evaporación disminuye conforme la presión del jabón disminuye. Hablando en términos de transferencia de calor, nuestro equipo sería clasificado como del tipo de secador indirecto continuo, ya que el calor para efectuar el secado es transferido al sólido húmedo a través de una "pared", y el líquido vaporizado es removido independientemente del medio de calentamiento. En este tipo, la velocidad de secado depende del contacto del material húmedo con la superficie caliente (en nuestro caso con el intercambiador de calor). En una situación ideal de secado la pared de los intercambiadores ocasiona turbulencia en el flujo de jabón que pasa a través de ellos. Esta turbulencia resulta en una mejor mezcla del jabón en los intercambiadores y asegura que el jabón más frío siempre esté en contacto con la pared caliente del intercambiador y esto resulta, siempre, en una mejor transferencia de calor.

Descripción del proceso

Almacenamiento de Jabón

La temperatura de almacenamiento del jabón debe oscilar entre los 80 y 90°C, ya que a temperaturas por debajo la viscosidad del jabón se incrementa exponencialmente y, a temperaturas mayores, se acelera la degradación y pérdida de humedad del mismo.

Tanque Batidor:

En el tanque batidor comienza propiamente el proceso de secado. Aquí se le agregan los ingredientes activos que requiere el jabón o bien los ingredientes necesarios que caracterizan a cada uno de los jabones que se fabrican. Este es el momento en donde se deben agregar los agentes inhibidores de cristalización para la fórmula de un jabón transparente. En este tanque se prepara la mezcla manual o automáticamente. Es aquí donde comenzarán las diferencias fundamentales entre la manufactura de un jabón opaco y un translúcido, ya que en este tanque es donde se adicionarán los ingredientes fundamentales para alcanzar el grado de translucidez necesario en el producto seco.

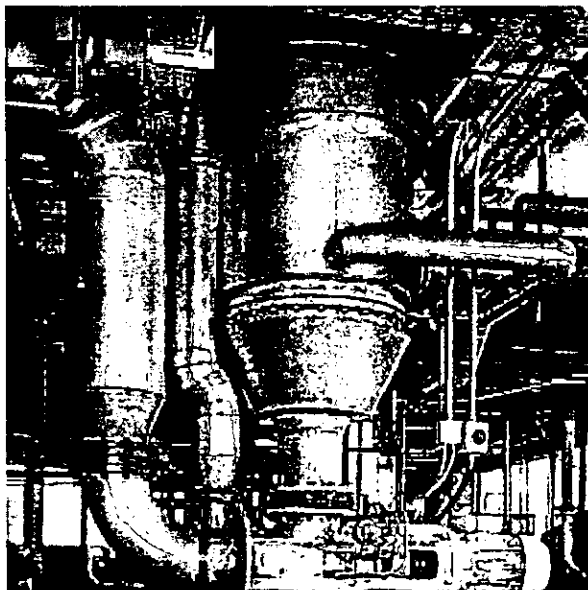


Fig. 12 Tanque Batidor

Tanque intermedio:

Una vez que se preparan las cargas de jabón esta es transferida a un tanque intermedio o pulmón el cual permite que el flujo de jabón sea continuo.

Intercambiador(es) de calor:

Los intercambiadores de calor de estas dos fases tienen, como su nombre lo dice, la función de intercambiar el calor vía un flujo de vapor en sentido contrario al del jabón y, con ello, aumentar la temperatura del producto. El jabón proveniente del intercambiador pasa a una cámara de vacío.

Cámara de vacío:

Finalmente, en la cámara de vacío el jabón posee una alta temperatura, debido al intercambiador de calor. En esta cámara el jabón pierde humedad a través de vacío y por ello diferencias de presiones.

El rápido descenso de temperatura que se lleva a cabo en este proceso es fundamental para la manufactura de jabón translúcido, pues al enfriar el jabón de manera tan súbita se evita la formación de cristales grandes, lo que conlleva a alcanzar transparencia en el jabón.

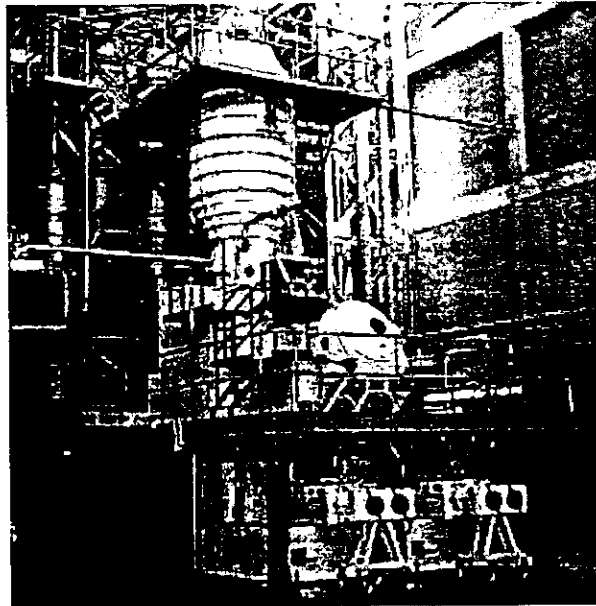


Fig. 12 Cámara de Vacío

Variables críticas en el proceso

Existe un número importante de variables que genera todo el proceso de secado. Revisaremos, abreviadamente, las más importantes:

Jabón adecuado para el proceso:

Para asegurar un proceso de secado estable es necesario que el jabón base se encuentre en condiciones adecuadas para su procesabilidad.

Flujo de jabón:

Es vital para el secado que el flujo de jabón sea el adecuado (no muy alto, no muy bajo) y que sea además consistente. Un flujo no uniforme es la fuente más común de un control pobre del secado. Los secadores no deben operar con flujos menores al 50% para los cuales fueron diseñados, y no pueden controlar la temperatura del jabón seco cuando operan con flujos mucho mayores que los de diseño.

Mientras el jabón pasa por los intercambiadores, el flujo tiene una relación directa con la cantidad de calor que se transferirá al jabón, y esto resulta en la cantidad de humedad eliminada en el proceso.

Caída de presión del jabón y el vapor:

La caída de presión en los intercambiadores debe mantenerse lo más constante posible para eliminar una ebullición excesiva o incontrolable. No hacerlo causa en ocasiones sobresecado y un control errático de la humedad. Una caída de presión constante (el rango recomendado para el jabón debe ser de 1.75 a 2.1 kg./cm²) puede ser mantenida con un bombeo y flujo constantes. Esto implica, además, controlar la presión de entrada, tanto del jabón como del vapor. Variaciones en la caída de presión ocasionan variaciones en la viscosidad del jabón, y el efecto de la viscosidad del jabón a ser secado es muy grande. Si la caída de presión se incrementa la resistencia al flujo de jabón crece, y el jabón en los intercambiadores actúa como incrustante. En una situación ideal de secado la pared de los intercambiadores ocasiona turbulencia en el flujo de jabón que pasa a través de ellos. Esta turbulencia resulta en una mejor mezcla del jabón en los intercambiadores y asegura que el jabón más frío siempre esté en contacto con la pared caliente del intercambiador y esto resulta, siempre, en una mejor transferencia del calor.

Vapor adecuado:

Es necesario para el secado de jabón tener dos cosas: la cantidad y la calidad adecuadas de vapor. Estas dos propiedades determinan la cantidad de calor que podrá ser intercambiada al jabón. Vamos a hablar con mayor detalle de la calidad del vapor:

Existen tres terminologías para designar la calidad del vapor:

- a) Vapor saturado: Éste es el vapor ideal. Cuando el vapor es saturado, la cantidad de calor a transferir es máxima. Esto ocurre cuando todo el vapor se encuentra justamente en el punto de equilibrio pero no contiene agua.
- b) Vapor húmedo: Es vapor que contiene más agua que en el punto de saturación. Éste vapor es más frío que su respectivo saturado. Con él, es posible transferir una cantidad menor de calor al jabón. Tan lejos se encuentre del saturado, tanto menos calor transferirá.
- c) Vapor sobrecalentado: Tiene más calor que en el punto de saturación. Pero a pesar de ello tiene una peor calidad por que el calor no se transfiere bien a través de gases.

Finalmente, para asegurar que el proceso de secado sea efectivo el jabón base debe tener una viscosidad uniforme. Esto requiere una temperatura de jabón estable, una cantidad constante de electrolito y una humedad constante. Normalmente, en el jabón base si el control del electrolito es bueno la humedad será uniforme.

Capítulo 6: “Líneas de Empaque”

Esta es la última fase del proceso de manufactura del jabón, y es donde se logra la translucidez final. Como se ha mencionado anteriormente, la translucidez es un resultado de la fase y estructura cristalina del jabón, que se logra, con ayuda de ciertos aditivos, a través del secado rápido y el trabajo mecánico que se aplique sobre este. El trabajo mecánico que se le proporciona al jabón se lleva a cabo en esta fase del proceso, y particularmente en la fase de refinación, molienda y extrusión.

Las líneas de empaque están conformadas por procesos secuenciales, que operan de manera continua y su objetivo es incorporar cantidades menores de sólidos y líquidos (perfume, colorantes, bactericidas, etc.) y darle una forma predeterminada al jabón antes de ser empacado. Estos procesos son: Dosificación, Amalgamado, Refinación, Molienda, Extrusión, Cortado, Estampado.

Después del secado, los "fideos" con la humedad requerida (aprox. 13%), están listos para que se les adicione el colorante, la fragancia y algunos aditivos especiales (Bactericidas, Humectantes, etc.).

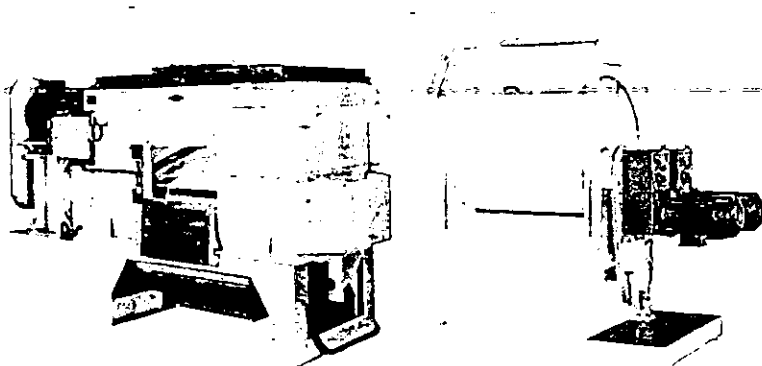
Los fideos son adicionados al amalgamador junto con los colorantes, aditivos especiales y por último el perfume. La dosificación puede ser automática o manual y el proceso generalmente se lleva a cabo en lotes junto con el amalgamado, de aquí en adelante los demás procesos secuenciales se llevan a cabo de manera continua.

Amalgamado

Este proceso consiste en el mezclado de los fideos de jabón con ingredientes menores como son perfumes y colorantes. Se lleva a cabo en un equipo denominado amalgamador, que consiste en una tolva que cuenta con alabes que giran para incorporar los aditivos al jabón, a este proceso se le denomina también macro mezclado, pues el área expuesta de los "fideos" es muy pequeña y la incorporación de los aditivos es meramente preliminar.

Una vez que el ciclo de amalgamado ha concluido, se abre una compuerta ubicada en la parte baja de la tolva, y se descarga el producto al siguiente proceso.

Amalgamadores



Refinado

Después del amalgamado el jabón pasa a un proceso de refinado. Este es el trabajo que se le aplica al jabón por medio de una acción combinada de presión y esfuerzo cortante. El propósito de este proceso es :

- Incorporar los aditivos al jabón para producir un producto uniforme y homogéneo.
- Mejorar la suavidad de la barra al eliminar partículas duras de baja solubilidad.
- Inducir la translucidez, espumabilidad y firmeza de la barra al alterar la estructura cristalina del jabón sólido.

El refinado es llevado a cabo por medio de gusanos extrusores, rodillos, o una combinación de ambos. (Fig. 14)

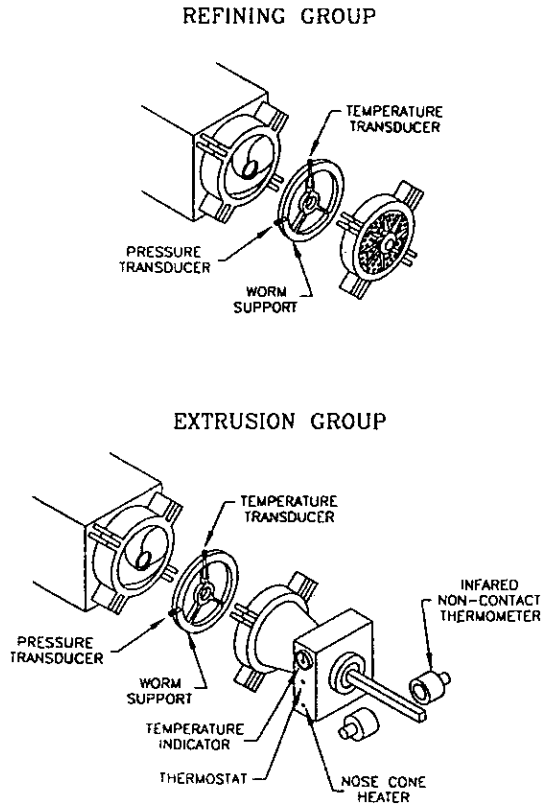
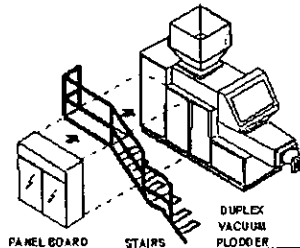
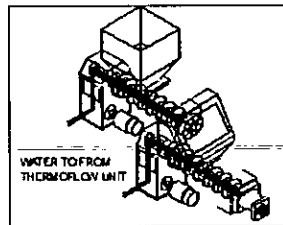
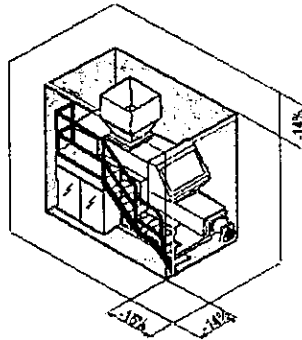


Fig. 14 Parte final del Extrusor (Nariz)

Los gusanos extrusores comprimen el jabón contra una malla refinadora, la cual rompe el jabón para aumentar el área de contacto y así integrar los aditivos. Las mallas varían según las necesidades de refinamiento:

Número Europeo	Diámetro del alambre (mm)	Distancia de apertura (mm)	Área abierta (%)
9	1.00	2.09	45.4
18	0.50	1.04	45.5
22	0.45	0.78	39.9
30	0.36	0.56	37.9
55	0.20	0.30	36.3

Los rodillos de refinamiento ejercen sobre el jabón un esfuerzo cortante que va en función de la velocidad de giro, la temperatura y la abertura entre ellos, de tal forma que se logra una película de un espesor determinado.



Molienda

Después del refinado, el jabón es molido en un molino de rodillos que varía, según los modelos, de 3 a 5 rodillos. En esta etapa se aplica un trabajo mecánico importante, pues con este proceso se rompen los cristales largos de jabón lo que, por consiguiente, promueve la translucidez. La configuración geométrica de los rodillos es muy importante porque determina el área total disponible para el refinamiento y el enfriamiento.

Para un molino de 3 rodillos el claro entre el rodillo de arriba y el de en medio debe de ser de aproximadamente 0.5 mm y, entre el rodillo de en medio y el de alimentación, el claro debe de ser de 0.2 mm. Las velocidades típicas de los rodillos son de 20 a 40 a 240 rpm respectivamente y una razón de velocidades en general de 1 a 12.

Hoy en día el molino de tres rodillos es el más utilizado (Fig. 15), pues combina los siguientes factores:

- Las áreas de contacto son más largas para asegurar el refinamiento y enfriado adecuado del producto.
- Aproximadamente el 70% de la energía total absorbida, es decir el 70% del calor total proporcionado al jabón se lleva a cabo en los dos últimos rodillos del molino.
- El ajuste y control del claro es más sencillo que con molinos de 4 y 5 rodillos.
- Tienen costos inferiores y tiene requerimientos de energía y enfriamiento menores, es decir los costos de operación se reducen frente a los otros molinos.

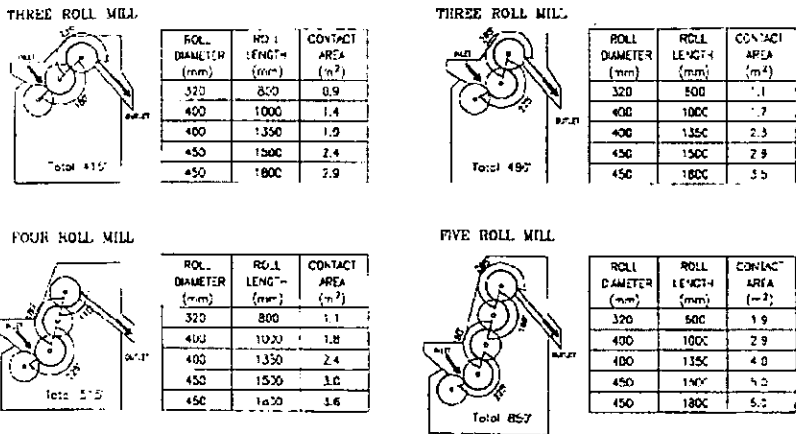
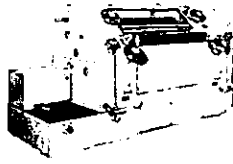
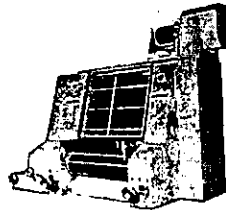


Fig. 8.4. Roll mill contact areas.

Fig. 15 Tipos de Molinos



"RM-300/3"
THREE-ROLL MILL



"RM-440/5"
FIVE-ROLL MILL

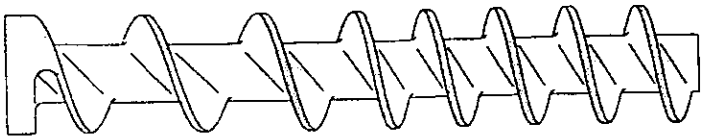
Extrusión al Vacío

El objetivo de este proceso es comprimir el jabón para alinear la estructura cristalina y alcanzar la máxima transparencia. La extrusión se lleva a cabo en un equipo similar al descrito en la etapa de refinamiento, con la diferencia de que el jabón se comprime al vacío contra una placa de un orificio cuadrado para producir una barra.

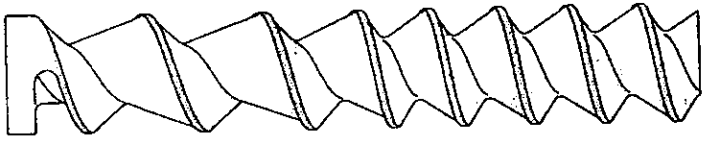
El equipo se compone de una tolva buffer, un gusano primario, una cámara de vacío, un gusano secundario y la nariz. La tolva buffer provee almacenamiento para lograr continuidad en el proceso. El gusano primario alimenta a la cámara de vacío, ayudando a formar un sello hermético de producto y poder lograr el vacío en la cámara. El vacío es muy importante para evitar la formación de burbujas de aire en el interior del producto, que al estamparlo, provoquen la explosión o agrietamiento de las pastillas, además de que el aire en la barra provoca opacidad.

Posteriormente el gusano secundario compacta y extruye el jabón contra la nariz, la cual está formada por un cono y una placa que tiene una sección abierta por donde el jabón sale en forma de barra. Tanto los gusanos como la nariz están enchaquetados con agua de enfriamiento, pues el calor que se genera debe ser controlado.

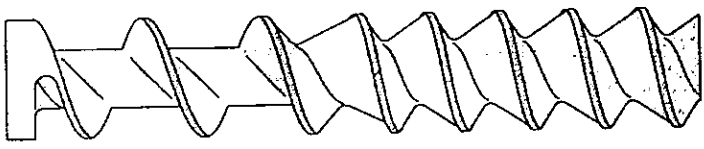
A continuación se muestran los tipos de gusanos que existen en el mercado:



UNIFORM



CURVED



COMBINATION

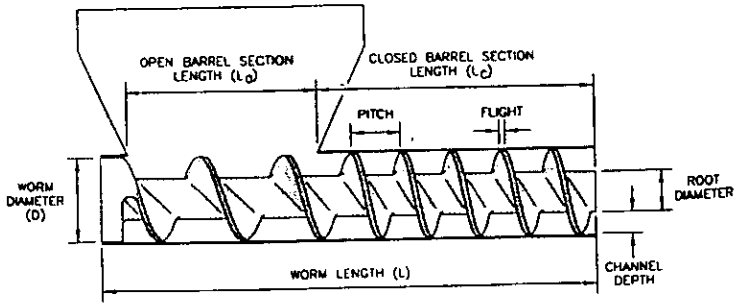
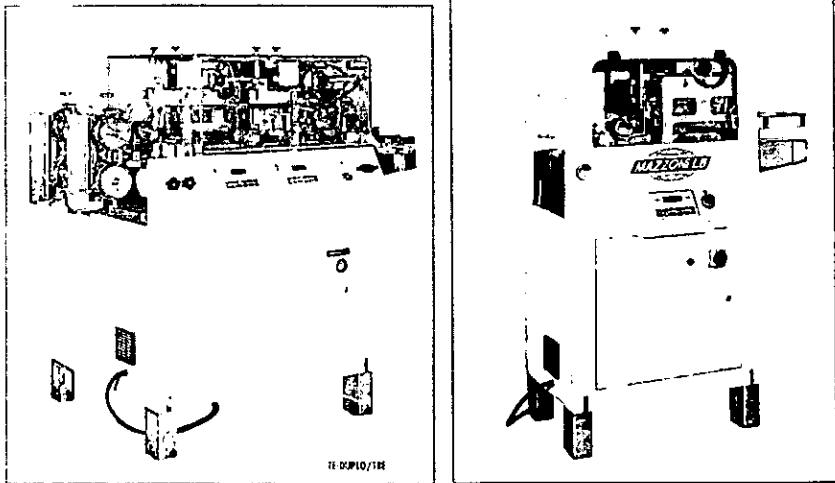


Fig. 8.6. Plodder worms.

Fig. 16 Tipo de Gusanos

Cortado

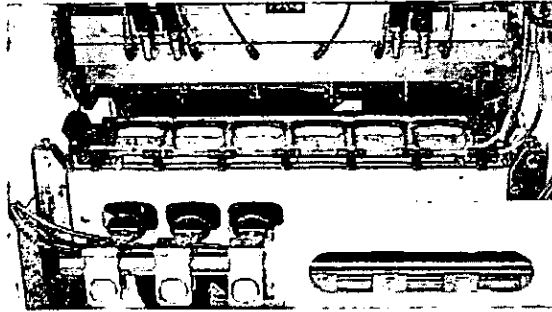
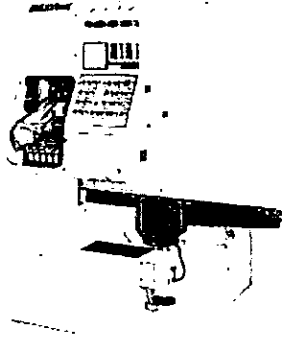
Posteriormente la barra de jabón es cortada en secciones que van de acuerdo al tamaño de los dados que estamparán el jabón. La cortadora es un mecanismo que consta de 4 cuchillas fijadas a una banda que aprovechando la fuerza de la barra, gira cortando las pastillas en secciones.



Estampado

Este proceso se lleva a cabo en un troquel, el cual se compone de dados giratorios y dados reciprocantes. La barra, una vez cortada, es golpeada por unos moldes, los cuales dan a la barra la forma deseada. La temperatura de los dados reciprocantes es aproximadamente de -20°C y la temperatura de los giratorios es de -8°C , la baja temperatura permite dar firmeza a la pastilla y la diferencia de temperatura permite que la pastilla moldeada quedé pegada en los dados menos fríos, para que un mecanismo formado por ventosas, succionan la pastilla y la depositan en una banda que va rumbo al empaclado.

Estampadoras



Capítulo 7: “Propuesta de Optimización al Proceso Convencional”

El propósito de este capítulo es, como su nombre lo indica, presentar al lector un ejemplo de cómo el uso de la química y, en especial, de la ingeniería química nos permite entender, analizar y modificar diversos procesos; ya sea para optimizarlos, modificarlos o crearlos. En nuestro caso, la propuesta que a continuación se presenta es resultado de un profundo análisis del comportamiento de las diferentes bases para la producción de jabón translúcido, las interacciones entre los diferentes componentes de la formulación y, finalmente, el proceso de producción.

Propuesta:

La propuesta consta de dos alteraciones fundamentales para optimizar el proceso de producción de jabones translúcidos a gran escala:

- Ajustar el balance de materia y energía en el proceso de saponificación continua para aumentar la concentración de glicerina en el jabón base de 1% a 4.5%.
- Modificar el proceso de refinación del jabón seco en la Línea de Empaque sustituyendo los gusanos de extrusión tradicionales por un gusano dosificador seccionado, en donde se adicionen el resto de los ingredientes dispersantes de los cristales dentro de la fase continua.

Bases para la recomendación

1. Al incrementar la cantidad de glicerina en el jabón base se garantiza tener la cantidad necesaria de un inhibidor para evitar la formación de grandes cristales en el proceso de Secado. Resultando, además, mayor el efecto de la glicerina íntimamente integrada con el jabón que la adicionada posteriormente e incorporada por medios mecánicos en el Secador.
2. Aunado a estas ventajas, el contar previamente con niveles aceptables de inhibidor hace innecesaria la adición, en el Secador, de más aditivos reservándolos para la Línea de Empaque. Esto eleva significativamente el desempeño del Secador pues todos estos compuestos son altamente higroscópicos; ya que, al formar puentes de hidrógeno con el agua, elevan los consumos de energía del equipo y dificultan la remoción de la misma.
3. El ajuste realizado en el balance de materia y energía del proceso de saponificación continua representa una reducción de los costos totales de producción; ya que elimina la necesidad de adicionar glicerina refinada y destilada, previamente procesada en una planta alterna a la de saponificación continua, en el tanque batidor del Secador.
4. Al reemplazar los gusanos de extrusión típicos por gusanos dosificadores seccionados se proporciona una cantidad mayor y controlada de trabajo que logra un cambio de fase en la matriz cristalina mucho más profundo que, junto con la adición del resto de los dispersantes de los cristales en la fase continua -1,2-polipropilenglicol y sorbitol- genera una translucidez mayor.

Ajuste al Balance de Materia de CONSAP

A continuación se presenta el balance de materia para obtener un jabón base con 4.5% de glicerina:

BALANCE ELEMENTAL DE CONSAP

	FFA	Moladura	Usap	SV	AV	Gé
Eldis	0.5	0.25	0.25	195.5	0.9775	8.7
PKO	2.8	0.25	0.25	249.5	6.487	13.5
CHO	2.8	0.25	0.25	254.5	6.589	20.3

Materia con: CHO (0), PKO (1)	1					
Proporción de Sapo	0.80					
Proporción Calcio/PKO	0.20					
Rate CONSAP (kg/h)	100.00					
%TFM Jabón final	69.33					
%TFM máximo a hidrolar	86.00					
%TFM Jabón después columna	62.00					
%TFM Jabón antes columna	52.00					
% Glicerina en el jabón neto	4.50					
%Agua en el jabón final	25.55					
%NaCl en el jabón final	0.50	%NET en jabón neto	0.59			
%NaOH en el jabón final	0.05	%Na2O en el jabón	0.06			
%NaOH en la leja gastada	0.98					
%NaCl/%NaOH en el jabón	6.67					
Índice de granado	9.86					
Razón s/riera	0.25	% Glicerina en leja Gastada	13.22			
%NaCl en el índice de granado	65					
%NaCl en la salmuera	28.00					
%NaOH en Sosa	50.00					
%Exceso de sosa en reactor	2.70	%NaOH en la leja gastada	0.84			
% CHO de neutro	1.00					
Flujo CHO neutro	1.00	%NaOH en el jabón de contribuye	0.27			
Proporcion granado real/teórica	1.00					

Con inaponificables :

Jabón	Jabón final	
	Agua de hidratación	Solución libre
Jabón anhídrido	0.0000	0.0000
NaCl	0.0000	0.5000
NaOH	0.0000	0.0750
Gé	0.0000	2.2500
Agua	0.0000	12.7875

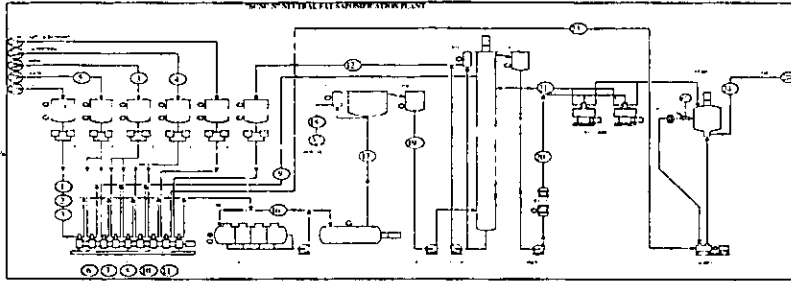
Factor 59.635

Jabón	69.216
NaCl	0.499
NaOH	0.075
Gé	4.493
Agua	25.353
transporte cañales	0.185

kg Jabón Anhídrido TOTAL	69.22	Neutralizando con	1.00 kg
Partes T	96.58	Masa CHO PKO	12.19
SV avg	206.3	Masa Sapo	52.75
MW T Aparata	815.80	Partes T	96.58
Real MW T	804.22	SV avg	206.3
MWT-gé	766.22	MW T Aparata	815.802
FFA	96.58	Real MW T	804.218
MW Jabón T	277.41	MWT-gé	766.218
Moi Jabón T	0.2480	FFA	96.58
Moi T	0.0820	Moi T	0.0807
kg T	65.94	Moi NaOH	0.2422
Masa Sapo	52.75	kg NaOH	9.69
Masa CHO	12.19	kg NaOH@50%	19.38
Moi NaOH para T	0.2400	Moi Glicerina	0.0807
kg NaOH	9.84	kg Glicerina	7.429
kg NaOH@50%	19.68	Moi Jabón	0.2422
Moi Glicerina T	0.0820	MW avg Jabón	277.41
kg Glicerina	7.543	kg Jabón Anhídrido	67.20

GRASAS

Distribución de ácidos grasos	Saba
Caprílico (C18H34O2)	
Caprílico (C10H20O2)	
Láurico (C12H24O2)	
Mirístico (C14H28O2)	2.5
Palmitico (C16H32O2)	27
Estearico (C18H36O2)	29
Óleico (C18H34O2)	42
Linoleico (C18H32O2)	5
Linoléico (C18H30O2)	1



BALANCE POR COMPONENTE

	Sabo		Coco/KO		Sosa		Salmuera		Agua proceso		Jabón neta		Leña gastada	
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Sabo	52.49	99.50	13.12	99.50										
Coco														
Jabón anhidro											63.22	63.22		
Unesp	0.13	0.25	0.03	0.25	10.19	50.00					0.16	0.16	0.19	0.84
100% NaOH							2.73	20.00			0.07	0.07	2.23	9.66
100% Sal											0.50	0.50	4.49	13.22
Glicerina											4.49	4.49	3.05	13.22
Agua	0.13	0.25	0.03	0.25	10.19	50.00	7.77	74.00	25.03	100.00	25.55	25.55	17.61	76.29
TOTAL	52.75	100.00	13.19	100.00	20.39	100.00	10.49	100.00	25.03	100.00	100.00	100.00	23.08	100.00

Entradas al proceso 121.85
Salidas del proceso 123.06

BALANCE POR EQUIPO

REACTOR

Entradas
Corriente:

	1		2		4		3		5		12		Leña Autoclave	
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Sabo	52.49	99.50	12.13	99.50										
Coco														
Jabón anhidro														
Unesp	0.13	0.25	0.03	0.25	9.23	50.00					0.91	1.66	10.14	13.53
100% NaOH							9.50	20.00			4.15	7.61	4.65	6.20
100% Sal											2.24	4.11	2.24	2.99
Glicerina											4.29	8.82	57.62	77.28
Agua	0.13	0.25	0.03	0.25	9.23	50.00	1.41	74.00	0.00	100.00	47.29	86.82	57.62	77.28
TOTAL	52.75	100.00	12.19	100.00	18.46	100.00	1.91	100.00	0.00	100.00	54.58	100.00	74.93	100.00

Salidas

Corriente:

	17		19		18	
	kg/h	%	kg/h	%	kg/h	%
Sabo						
Coco						
Jabón anhidro	68.14	48.29	68.14	57.74		
Unesp	0.16	0.12	0.16	0.14		
100% NaOH	0.40	0.29	0.21	0.18	0.19	0.84
100% Sal	4.65	3.29	2.42	2.05	2.23	9.66
Glicerina	9.64	6.83	6.50	5.50	3.05	13.22

Jabón a la columna 82.98358
Agua de hidratación 24.84
Respa absorbida 25.03

COLUMNA

Entradas

Corriente:

	9		6		7		8		19		21	
	Lepa de lavado kg/h	%	Salmuera de lavado kg/h	%	Sosa de lavado kg/h	%	Agua de lavado kg/h	%	Jabón a la columna kg/h	%	Lepa de centrifugas kg/h	%
Sabo												
Coco												
Jabón anhidro									68.14	57.74		
Unesap	0.96	2.70			0.96	50.00			0.16	0.14		
100% NaOH									0.21	0.18	0.83	4.39
100% Sal	2.23	6.28	2.23	26.00					2.42	2.05	1.56	8.32
Glicerina									6.59	5.59	2.69	14.11
Agua	32.35	91.02	6.35	74.00	0.96	50.00	25.03	100.00	40.50	34.31	13.93	73.19
TOTAL	35.54	100.00	6.58	100.00	1.92	100.00	25.03	100.00	118.02	100.00	19.04	100.00

Salidas

Corriente:

	12		20	
	Lepa media kg/h	%	Jabón de la columna kg/h	%
Sabo				
Coco				
Jabón anhidro			68.14	57.74
Unesap			0.16	0.14
100% NaOH	0.81	1.66	1.10	0.93
100% Sal	4.15	7.61	2.06	1.77
Glicerina	2.24	4.11	7.04	5.96
Agua	47.28	88.62	39.50	33.47
TOTAL	54.58	100.00	118.02	100.00

Entradas a la columna 172.59

Salidas de la columna 172.58

CENTRIFUGAS

Entradas

Corriente:

	20	
	Jabón de la columna kg/h	%
Sabo		
Coco		
Jabón anhidro	68.14	57.74
Unesap	0.16	0.14
100% NaOH	1.10	0.93
100% Sal	2.06	1.77
Glicerina	7.04	5.96
Agua	39.50	33.47
TOTAL	118.02	100.00

Salidas

Corriente:

	21		22		
	Lepa de centrifugas kg/h	%	Jabón de la centrifuga kg/h	%	
Sabo					
Coco					
Jabón anhidro			68.14	68.84	
Unesap			0.16	0.16	
100% NaOH	0.83	4.39	0.26	0.27	Jabón hidratado 92.98
100% Sal	1.56	8.32	0.50	0.50	Agua de hidratación 24.64
Glicerina	2.69	14.11	4.35	4.40	Lepa absorbida 8.00
Agua	13.83	73.19	25.57	25.83	L.A. 30.84
TOTAL	19.04	100.00	98.98	100.00	Ratio 4.1414164

Neutralización

Entradas

Corriente:

	22		23	
	Jabón de la centrifuga kg/h	%	CnO Neutra kg/h	%
Sabo			1.00	99.50
Coco				
Jabón anhidro	88.14	68.84		
Unsap	0.16	0.16	0.003	0.25
100% NaOH	0.26	0.27		
100% Sal	0.50	0.50		
Glicerina	4.35	4.40		
Agua	25.57	25.83	0.003	0.25
TOTAL	98.98	100.00	1.01	100.00

Salidas

24	
Jabón noa desecado kg/h	%
89.22	69.22
0.16	0.16
0.07	0.07
0.50	0.50
4.49	4.49
25.55	25.55
100.00	100.00

Entradas al neutralizador 99.99
Salidas del neutralizador 100.00

Masa CnO/PKO 1.01
Partes T 99.80
SV avg 248.5
MW T Apariente 874.55
Real MW T 653.64
MW T-gf 615.64
PFA 98.9
Mol T 0.0015
Mol NaOH 0.0048
kg NaOH 0.18
kg NaOH @ 50% 0.37
Mol Glicerina 0.0015
kg Glicerina 0.141
Mol jabón 0.0048
MW avg Jabón 227.21
kg Jabón Anhidro 1.05

Balance FFA
Masa CnO/PKO 1.01
Partes FFA Oleico 2.6
MW FFA Oleico 282
Mol FFA 0.0001
Mol NaOH 0.0001
kg NaOH 0.00
kg NaOH @ 50% 0.01
Mol jabón 0.000
MW avg Jabón 304
kg Jabón Anhidro 0.03
kg Agua generada 0.002

Gusano Dosificador Seccionado

Frente a los gusanos comúnmente usados para la producción de jabón, el empleo de un gusano dosificador seccionado, presenta diversas ventajas. Quizá la más importante es el hecho de que en ellos es posible controlar la cantidad de trabajo aplicado en cada sección junto con el número y proporción de disolventes y dispersores adicionados. Esto facilita el control de la translucidez obtenida a lo largo del extrusor. La calidad del producto terminado será proporcional a la cantidad de trabajo suministrada y, finalmente, a la composición de la mezcla. Especialmente, es aquí donde este tipo de proceso presenta una ventaja significativa frente al convencional; ya que es posible obtener muestras del jabón a lo largo del extrusor, es posible realizar ajustes en línea para cada uno de los dispersantes y controlar, con ello, la translucidez final favoreciendo un control de calidad más estrecho y disminuyendo las variaciones de opacidad.



Capítulo 8: “Conclusiones”

Como el lector se habrá podido dar cuenta, las principales modificaciones al proceso de manufactura de jabón opaco convencional para la fabricación de jabón translúcido se llevan a cabo normalmente en el proceso de secado y estampado. Pues con una combinación de fórmula, secado rápido y trabajo mecánico se logra convertir un jabón base opaco convencional en uno translúcido.

Sin embargo, este trabajo además, propone modificaciones en el proceso de saponificación, que junto con cambios en la línea de empaque, representan una optimización a los procesos tradicionales de jabón translúcido a gran escala.

Esperamos que el lector sea capaz de entender con mucho mayor detalle la química, la termodinámica y el proceso que se encuentran detrás de la producción de un jabón, y, especialmente, de un jabón translúcido, además de la importancia de la Ingeniería Química en el desarrollo de esta industria.

Sin embargo, aún queda una pregunta por contestar: ¿ Por qué un jabón translúcido sobre uno tradicional opaco?

Evaluemos las características de un jabón translúcido contra uno opaco.

	Opaco	Translúcido
Precio (Pesos)	\$ 4.20	\$ 5.70
Costo de Manufactura (Pesos)	\$ 1.20	\$ 1.50
Utilidad Bruta (Pesos)	\$ 3.00	\$ 4.20
% de Agua	12	10
% de Glicerina	0.5	2.0
Proporción de Grasas (Sebo/Coco)	80/20	80/20
Suavidad de la Barra	10	10
Agrietamiento	10	10
Espuma	5	4
BTR	3	2

* Datos obtenidos de dos marcas líderes de jabones en el mercado. Pastilla de 150g.

a) Apariencia

Un jabón translúcido va en línea con la necesidad del consumidor por poseer productos “naturales”, mientras que un jabón tradicional opaco sólo satisface la necesidad de la limpieza. Es aquí, donde la formulación del jabón translúcido juega un papel importante ya que, para asegurar mantenerse en el gusto de las personas, tiene que garantizar a su vez una buena detergencia. Aunado a esto, la apariencia de un jabón translúcido garantiza al consumidor un producto homogéneo. La gama de colores, aromas y apariencias, vuelve a la fórmula transparente mucho más versátil frente al opaco, permitiendo que la cantidad de conceptos mercadotécnicos a explotar sea mucho mayor.

b) Detergencia

Evidentemente, al disminuir la cantidad total de jabón, la fórmula translúcida posee menos detergencia que la de un jabón opaco. Sin embargo el buen manejo de los ingredientes del jabón translúcido y, muy especialmente, de la fragancia puede provocar en el consumidor la misma sensación de limpieza del jabón opaco.

c) Desgaste

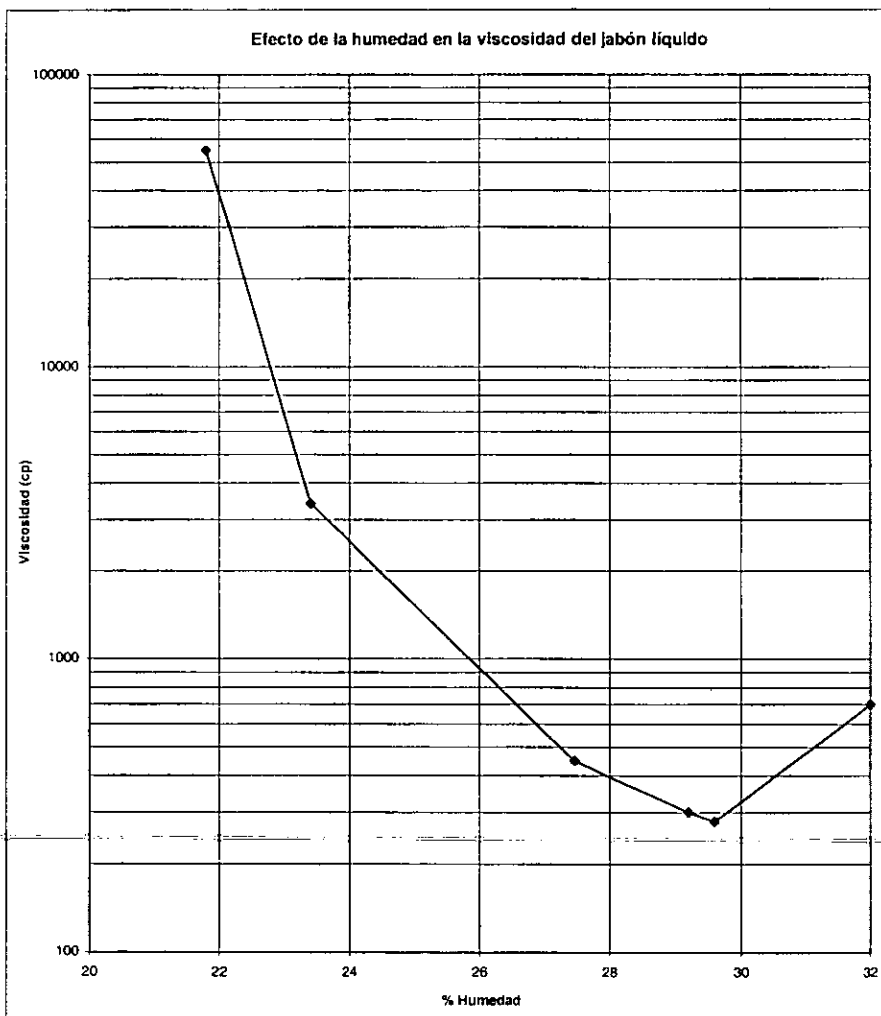
Intrínsecamente un jabón transparente es más soluble que un opaco ocasionando que se perciba un mayor desgaste. Aunque ésta siempre será una desventaja ante el jabón opaco, la geometría de la pastilla, el contenido de humedad, sal y algunos otros ingredientes pueden controlar y aminorar este efecto negativo.

d) Costo

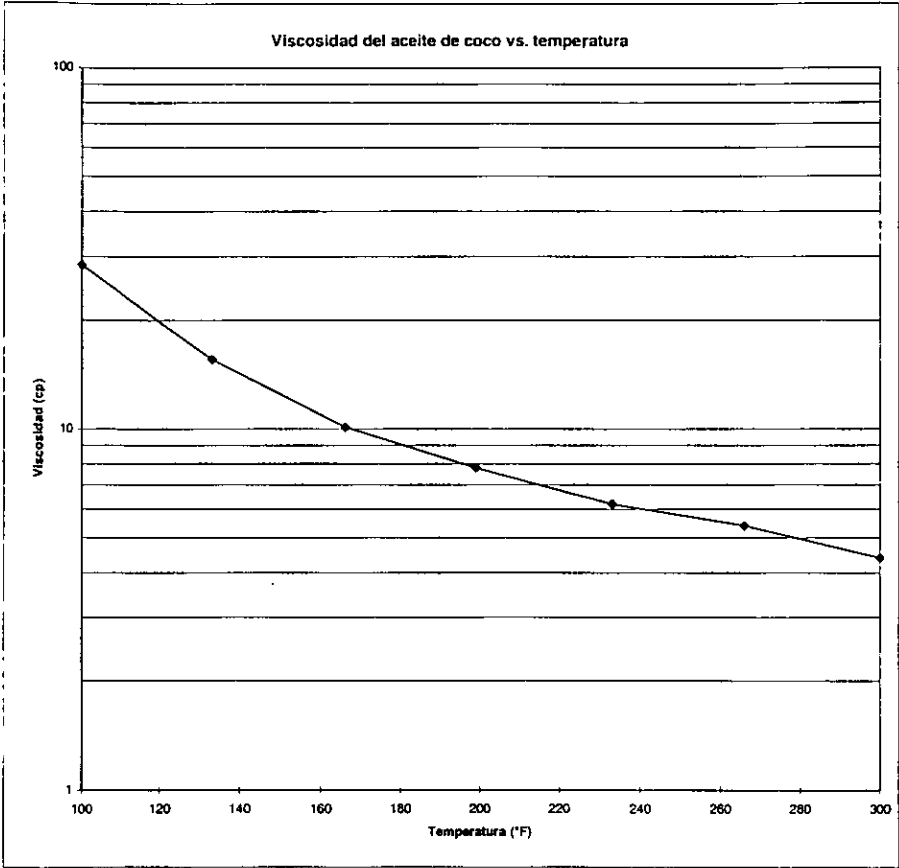
A pesar de que el costo de manufactura de una fórmula translúcida es más alto que el de una opaca, el jabón translúcido se puede vender a un precio y un volumen mayor, lo que por consiguiente compensa e incluso rebasa las ganancias de un jabón opaco.

Apéndice 1: Efecto de la humedad en la viscosidad del jabón líquido

Curva para una mezcla 80% Sebo- 20% Aceite de coco, 0.5% NaCl, a una temperatura de 80-90°C.
La viscosidad fue medida a una velocidad de 2 f/s



Apéndice 2: Viscosidad del aceite de coco vs. temperatura



Apéndice 3: Calor específico del jabón

En la gráfica se presentan valores medios para un jabón base a 30% de humedad para una mezcla 80% sebo- 20% aceite de coco determinados durante el flasheo del jabón en un calentador eléctrico de laboratorio

