Universidad de Los Andes.
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química.
Laboratorio de Química Industrial y Aplic
Mérida – Venezuela.

Soft & Pure
Producción de Jabón.

Integrantes:
Eva Steger C.I. 19.637.492
Joseph Gutiérrez C.I. 20200198
Marielis Zambrano C.I. 20197061
Yisleydy Gil C.I. 19148641
Luigi Figueroa C.I. 18125861

Marzo, 2012.

Agradecimientos

En este proyecto, si bien ha requerido de esfuerzo y dedicación por parte de los integrantes de la empresa, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación serán citadas y muchas de las cuales han sido un soporte.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar presente en cada paso que damos, por fortalecernos e iluminarnos, por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido de ayuda y compañía durante la realización del proyecto.

Al Lic. Cesar por brindarnos su ayuda cuando más la necesitábamos y por ser una persona con la que podemos contar siempre.

A Jorge por toda su colaboración, paciencia, calidad humana y ser nuestra guía a la hora de desarrollar el proyecto.

Al Ing. Ronald Márquez por la colaboración, paciencia, apoyo brindado desde siempre y sobre todo por esa gran amistad que nos ha brindado, por escucharnos y aconsejarnos siempre.

Resumen

Para la producción de jabón ocurre una reacción química llamada saponificación, donde también se forma glicerina; en el cual un ácido graso (de origen animal o vegetal) se combina con una solución de álcali (hidróxido de sodio o de potasio). El jabón es una mezcla de sales de ácidos grasos y está conformado por sustancias de naturaleza muy contradictoria, es un surfactante. De esta manera el jabón forma una emulsión con la grasa y el agua removiendo la suciedad.

En el desarrollo del proyecto la empresa Soft & Pure usa como materia prima aceite de oliva, almendra, coco y palma; y solución de NaOH como álcali. Cada aceite se saponifico por separado para observar las diferencias en las variables de la reacción y poder apreciar las propiedades de cada jabón.

La reacción se llevó a cabo alrededor de 80 °C para reducir el tiempo de reacción y a la vez evitar el descontrol de la misma. Además se comprobó el efecto de la adición de jabón ya formado a la mezcla, se observó una mejora considerable en la saponificación de aceite de almendra y oliva, aproximadamente el tiempo de reacción disminuyó de 3 a 2 horas. En el caso del aceite de coco y el de palma no fue necesario agregar previamente jabón porque esta mezcla reaccionó muy rápidamente (1 hora).

Luego de formada la pasta de jabón, se separó de la fase acuosa (agua, glicerina y solución de NaOH que no reaccionó), fue sometida a lavado con una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl). Posteriormente las pastas se dejaron secar por una semana a temperatura ambiente, para pesar las muestras y comparar el rendimiento real con el teórico.

El rendimiento obtenido fue de 141.28% para el aceite de palma, 120.70% para el aceite de oliva, 119.77% para el aceite de almendras y 125.47% para el aceite de coco; cuyas discrepancias con respecto al rendimiento teórico son de: 31.48%, 13.75%, 16.50% y 12.92% respectivamente; estos rendimientos obtenidos resultaron altos debido a que

quedaron restos de glicerina que no se separaron del jabón en el proceso de salado y por el agua que nunca logra secarse completamente de la pasta.

Para formar el jabón comercial, se mezclaron en diferentes proporciones las pastas obtenidas de cada aceite, dependiendo de sus propiedades. Se hicieron dos mezclas bases de jabón a las cuales se añadieron posteriormente aditivos. Una mezcla constituida de jabón proveniente de aceite de palma, coco y oliva; y la otra mezcla con jabón proveniente de aceite de palma, coco y almendra. Aproximadamente estas mezclas contienen 70% de aceite de palma para darle cuerpo, dureza y buenas propiedades de limpieza a la pasta, 20% de aceite de oliva y almendra para hidratar y suavizar la piel y 10% de aceite de coco para mejorar la producción de espuma y la propiedades de limpieza. Los jabones de palma y coco como provienen de aceites saturados tienden a oxidarse y enranciarse menos, sin embargo se agrega en un 0.5% vitamina E, que aparte de nutrir la piel es un excelente conservante. Además se prepara una línea exfoliante con avena y miel, con el preparado que contiene jabón de almendra.

Introducción

Las palabras jabón y saponificación comparten el mismo antepasado etimológico: sapo, el ungüento limpiador que los antiguos galos preparaban con grasa animal mezclada con cenizas de madera. La química moderna ha refinado las materias primas, así como la técnica, pero la fabricación del jabón es básicamente igual que hace dos mil años: En una reacción química llamada saponificación, un ácido graso (de origen animal o vegetal) se combina con una solución de agua de un álcali (hidróxido de sodio o de potasio) para producir jabón y glicerina.

La saponificación es la hidrólisis con catálisis básica de grasas y aceites para producir jabón; donde una buena forma de acelerar el proceso de saponificación es agregar una pequeña porción de jabón ya formado a la mezcla de reacción, el jabón es un emulsor excelente la superficie de contacto entre la grasa y el álcali aumenta y la saponificación se produce con mayor rapidez. Esta reacción está dirigida por el calor, aunque no se aplica calor extremo a la mezcla, la propia reacción produce el calor y el jabón lo retiene y lo utiliza para que la reacción se pueda seguir produciendo.

Se completa la saponificación cuando todo el álcali presente ha reaccionado con todo el ácido graso disponible. Además de producir jabón, esta reacción proporciona glicerina. Esta suele separarse del jabón comercial, junto con la sal común, y luego se vende como materia prima. El jabón artesanal conserva la glicerina, que aporta propiedades emolientes al producto final.

El jabón es una mezcla de sales de ácidos grasos y está conformado por sustancias de naturaleza muy contradictoria, es un surfactante. De esta manera el jabón forma una emulsión con la grasa y el agua removiendo la suciedad.

En el proceso de producción de jabón hay ciertas variables que deben ser controladas, entre estas están: la temperatura la cual se logra un mejor control en la reacción mientras menor sea la misma, normalmente a

menos de 90 ºC; y la agitación, para que la reacción ocurra más rápido debe ser eficaz.

Los dos ingredientes fundamentales en la fabricación de jabones son las grasas y aceites y las soluciones alcalinas. El aceite de coco tiene excelentes propiedades limpiadoras y de formación de espuma, además por ser saturado ofrece consistencia al jabón. Las altas proporciones de ácido laúrico lo hacen muy soluble en agua, sin embargo es muy abrasivo para la piel. El aceite de palma proporciona una pasta sólida y duradera de jabón que produce una espuma consistente, además tiene buenas propiedades limpiadoras. Otra cualidad es que es saturado, por lo que tiende menos a oxidarse y enranciarse. Por otra parte los jabones provenientes de aceite de oliva y almendra producen una espuma fina y ligera y son medianamente limpiadores, pero penetran la piel mejor que la mayoría de aceites vegetales y son muy hidratantes y suaves. Además el aceite de almendra posee agradable aroma.

Existe una gran variedad de aditivos que se pueden formular para los jabones de barra, entre estos tenemos: los ácidos grasos libres los cuales se asocian con el jabón formando cristales ácidos de jabón, que cambian la textura, plasticidad y formación de espuma de la barra, además ayudan a mejorar el pH de la barra porque permiten que reaccione la base remanente; el glicerol (glicerina) es un ingrediente común para el cuidado de la piel debido a sus propiedades hidratantes; los colorantes, tintes y pigmentos , ayudan a modificar la apariencia y estética de la barra del jabón; la fragancia es una clave para atrapar al consumidor y también sirve para enmascarar el olor base de la grasa del jabón; los quelantes y antioxidantes mejoran el olor y la estabilidad del color; aditivos para la piel y agentes antimicrobianos.

En el proceso de salado se le añade sal para producir grumos o gránulos, debido a que la sal es electrolito, esta reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa o lejía por lo que el jabón se separa de la solución. En cuanto al secado, el sistema usado es el de vacío en spray, donde el agua se evapora y el jabón se expande a una presión de 20 a 40mbar.

Industrialmente para la obtención del jabon exiten varias formas de hacerlo, entre las que están: proceso por lotes (Kettle boiled batch process),

proceso continuo de saponificación y proceso por neutralización de ácidos grasos.

Objetivos

- **Objetivo general:**

Elaborar jabones de tocador a partir de la saponificación de aceite de palma, coco, oliva y almendra.

- **Objetivo específicos:**

Estudiar las variables de proceso de la reacción de saponificación.

Determinar el rendimiento del proceso de saponificación de cada aceite.

Producir jabones con una buena acción limpiadora, humectantes, que produzcan suficiente espuma y que a su vez tengan bajo contenido de glicerina.

Obtener dos presentaciones diferentes.

Justificación

La remoción excesiva de los lípidos de la piel por el uso de los jabones, puede producir alteraciones cutáneas que se observan tanto en piel normal como en piel hipersensible y que son de mayor severidad en aquellas que padecen enfermedades. Bajo condiciones normales el usuario puede detectar una piel tensa o tirante, como primer signo antes que se presente descamación. Cuando las funciones cutáneas están alteradas los signos de inflamación y sequedad se hacen evidentes.

El potencial irritante de los jabones se atribuye a los siguientes factores: estructura química, pH, capacidad limpiadora y otros como el color, aroma, etc. Para evitar este problema nos vimos en la necesidad de crear la empresa soft & pure, que llega al mercado venezolano con el propósito de complacer las necesidades de los usuarios más exigentes, creando una variedad de jabones de tocador que ayudan a la protección de la piel, utilizando materia prima de alta calidad.

Producción de Jabón

El jabón sirve para la higiene personal y para lavar algunos objetos. El jabón es una mezcla de sales de ácidos grasos. La fuente de los ácidos grasos pueden ser los aceites triglicéridos de origen vegetal o la grasa de origen animal, como el sebo de res.

La etapa fundamental de la fabricación de jabón es la saponificación, donde ocurre la reacción Grasa + álcali → jabón + glicerina; sin embargo el proceso, ya sea industrial o artesanal, consta de dos etapas más: el salado o sangrado (separación de la glicerina y el álcali que no ha reaccionado del jabón) y el moldeado.

1. Historia

La manufactura del jabón existe aproximadamente hace 5000 años. Ciertos documentos muestran que el jabón fue manufacturado en el Medio Oriente (específicamente en Babilonia) por la mezcla caliente de cenizas, agua y grasa animal. El carbonato de potasio en las cenizas reacciono con la grasa y se convirtió en un jabón. Los antiguos Egipcios regularmente se bañaban y limpiaban su piel con este jabón. Los Árabes y los Romanos perfeccionaron el arte de hacer jabón y experimentaron con diferentes grasas y aceites, incluyendo aceites aromáticos para añadir fragancia a los jabones. Ellos encontraron que la sal ayudaba a endurecer la pasta de jabón. En las ruinas de Pompeya (Italia) han sido encontradas fábricas de jabón e incluso algunas barras.

Alrededor de la Edad Media la fabricación de jabón se extendió por Europa y algunas ciudades como Venecia fueron el centro de una extensiva industria jabonera. Los tipos de jabón producidos en el norte de Europa eran diferentes de aquellos procedentes del Mediterráneo. Los europeos del sur usaban aceite de oliva para hacer jabón de alta calidad para cuidado personal y para lavar ropa. Estos jabones estaban prácticamente libres de

impurezas alcalinas. También, el tipo de álcali usado en la fabricación de jabon afectaba la calidad y las propiedades del mismo.

2. Acción limpiadora

El jabón está conformado por sustancias de naturaleza muy contradictoria, es un surfactante. La eficacia del jabón como agente limpiador se debe a su naturaleza anfifílica, tiene una parte lipofílica (apolar) por medio de la cual se une la grasa o el aceite y una hidrofílica (polar) que tiene afinidad por el agua; de esta manera el jabón forma una emulsión con la grasa y el agua removiendo la suciedad.

Cuando el jabón se ha disuelto en el agua, las moléculas de jabón afines a los aceites, son atraídas por las manchas de suciedad de la piel o de las telas y forman una capsula alrededor de las partículas llamada micela. Estas micelas se suspenden con facilidad en agua porque está cubierta de grupos carboxílicos hidrofílicos del jabón. La mezcla resultante de dos fases insolubles (grasa y agua), con una fase dispersa en la otra en forma de pequeñas gotas, se llama emulsión, entonces se dice que la grasa se ha emulsificado por la solución de jabón.

La eficacia del jabón puede verse afectada si el agua donde se emplea es muy dura. El agua dura es ácida o contiene iones de calcio, magnesio o hierro. En agua acida las moléculas de jabón se protonan para formar los ácidos grasos libres. El acido graso flota en la superficie como precipitado de nata ácida.

En el caso de los otros iones (calcio, magnesio o hierro) estos reaccionan con el jabón formando sales insolubles llamadas natas de agua dura.

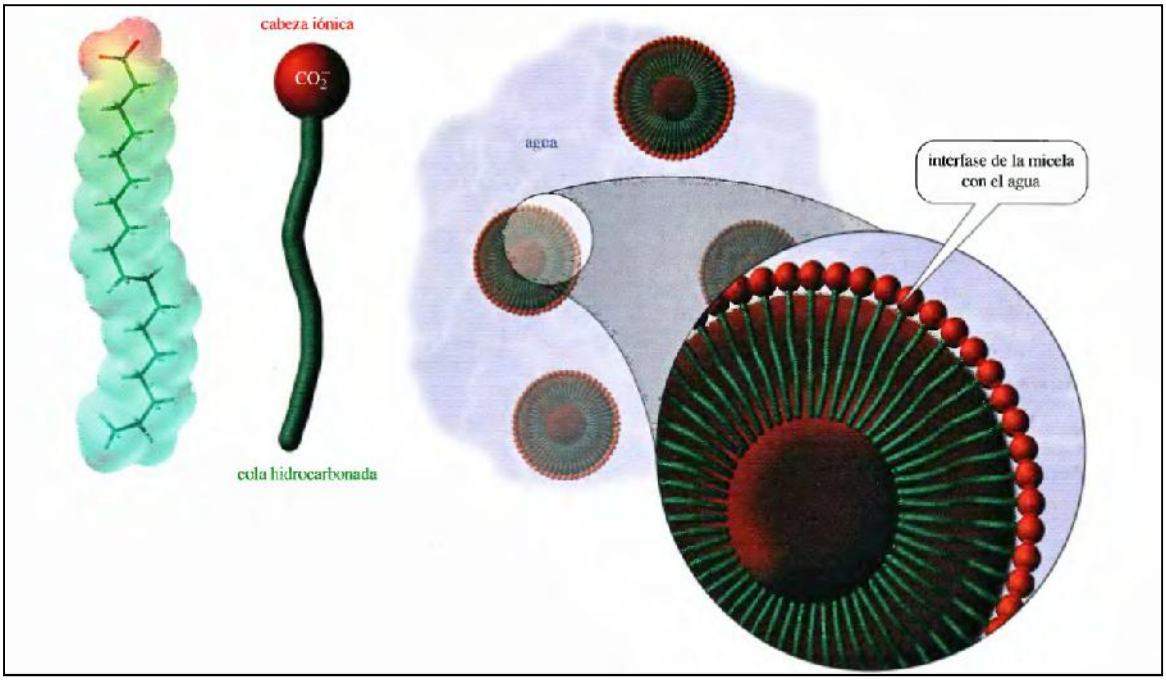

Figura 1. Estructura de una molécula de jabón.

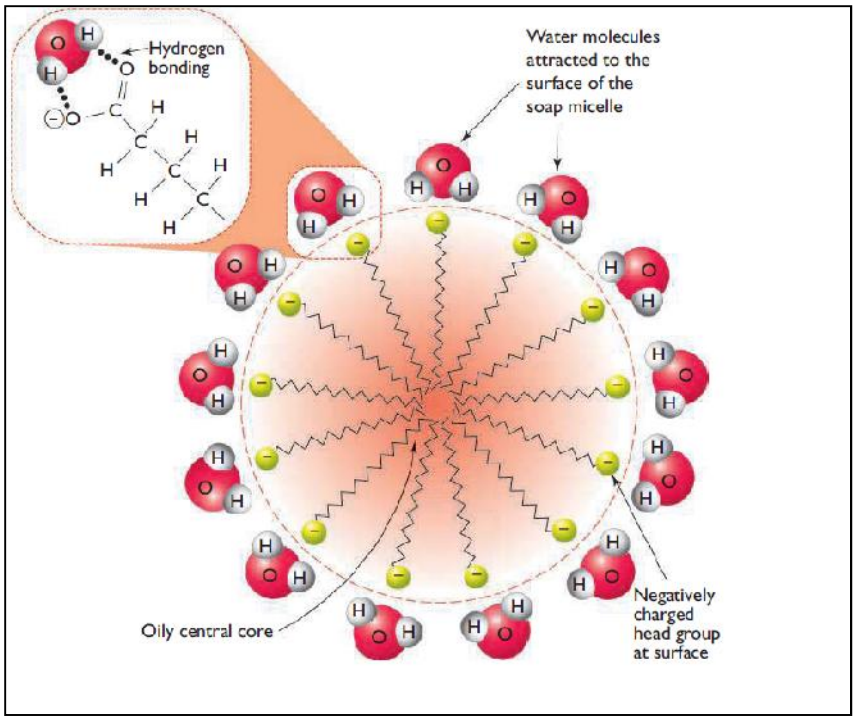

Figura 2. Micela.

3. La Saponificación

El proceso de fabricación de jabón se lleva a cabo gracias a una reacción química llamada saponificación.

La saponificación es la hidrólisis con catálisis básica de grasas y aceites para producir jabón. Los aceites vegetales y las grasas animales son triglicéridos (esteres de glicerina con ácidos grasos), y al ser tratados con una base fuerte como sosa (NaOH) o potasa (KOH) se saponifican, es decir se produce el jabón (sal del ácido graso) y la glicerina (glicerol).

La reacción química que se efectúa en la fabricación de jabón se puede representar en forma general como sigue:

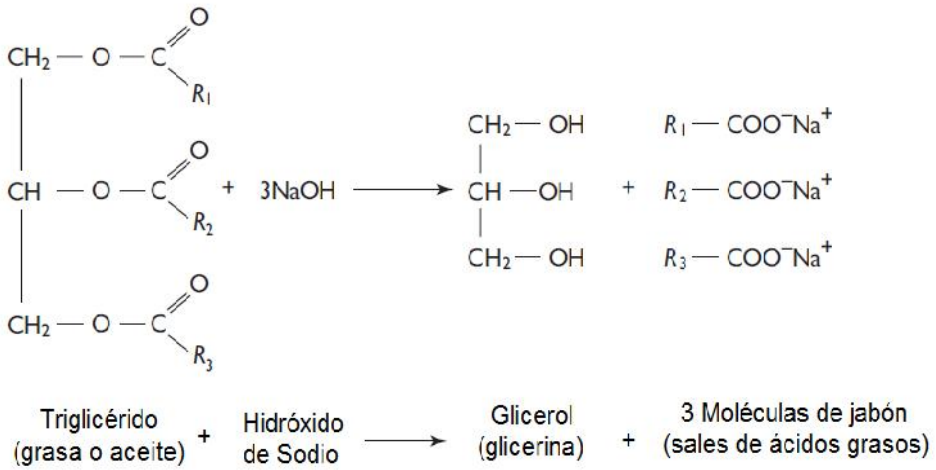

Figura 3. Saponificación de un triglicérido.

La saponificación consta de dos etapas, la descomposición de los ingredientes en sus partes útiles y la reacción de estas para producir el jabón.

Las grasas y los aceites se componen de triglicéridos, pero no se puede hacer jabón a partir de ellos; es necesario que se descomponga en ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos son un elemento primordial en el

proceso de elaboración de jabón, en cambio el glicerol aunque es útil no es fundamental.

La desintegración de un triglicérido en sus componentes se denomina hidrólisis. En contacto con el agua todo los esteres, incluidos los glicéridos se descomponen en sus componentes, glicerina y un ácido graso. La fórmula siguiente representa el proceso de hidrólisis de la triestearina, un triglicérido que da lugar a la glicerina y el ácido esteárico.

$$C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2) + 3H_2O \rightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3HC_{18}H_{35}O_2$$

Triesterina + Agua → Glicerina + Ácido Esteárico

Figura 4. Hidrólisis de la triesterina.

En el proceso de fabricación de jabón, el agua hace llegar el hidróxido de sodio a todos los rincones del recipiente, permitiendo así que se produzca la hidrólisis. Cuando el agua y las grasas se mezclan, tan solo una pequeña parte del aceite se disuelve en el agua. Es decir, el agua corriente tan solo descompone ligeramente las grasas y los aceites, por esto debemos añadir hidróxido de sodio al agua.

Durante la hidrólisis, los iones de hidróxido de la sosa atacan el átomo de carbono que se encuentra en el extremo carboxilo de los ácidos grasos liberándolos del triglicérido. Una vez separados los ácidos reaccionan con un ion de sodio y forman el jabón. A continuación tres iones de hidróxido reaccionan con el glicerol y dan lugar a la glicerina.

Todas las reacciones químicas requieren que los reactivos estén en contacto, por lo tanto es un problema que la solución caustica (álcali) y las grasas no se mezclen. Sin embargo las grasas y aceites aparte de contener triglicéridos siempre contienen una pequeña cantidad de ácidos graso libres. Cuando se añade la solución alcalina a la grasa se saponifican primero los ácidos grasos libres formando porciones considerables de jabón que actúa como un excelente agente emulsionante. La grasa no saponificada se disgrega gracias a la formación del jabón, aumentando la superficie de

contacto entre los reactivos, esto incrementa la velocidad de la reacción. Por lo tanto, una buena forma de acelerar el proceso de saponificación es agregar una pequeña porción de jabón ya formado a la mezcla de reacción.

4. Efectos de la temperatura en la fabricación del jabón

En el proceso de producción de jabón se logra un mejor control de la temperatura de la reacción mientras menor sea la misma, normalmente a menos de 90 ºC. En general la mayoría de los jabones se pueden fabricar dentro de una amplia gama de temperaturas, pero el fabricante de acuerdo a su experiencia es el que decide la temperatura que favorece su producción.

4.1 Tiempo de cuajo:

El tiempo de cuajo es un cálculo de la cantidad de hidróxido de sodio que reacciona con la grasa y los aceites por unidad de tiempo. Está directamente relacionado con la velocidad a la que se efectúa la mezcla, el grado de saturación de las grasas y los aceites, la fuerza de la solución de sosa, el porcentaje de agua utilizado y a veces también está relacionado con las temperaturas de elaboración del jabón.

Mientras mayor sea la agitación es más rápida la reacción. Los preparados altamente saturados cuajan más rápido que los altamente insaturadas. Mayores concentraciones en las soluciones de sosa producen un cuajo más rápido. Las temperaturas más bajas (27-32ºC) producen cuajos másrápidos para los preparados con altos porcentajes de grasas y aceites insaturados, pero si se bate la mezcla de forma suficientemente rápida al parecer los preparados saturados cuajan rápidamente a temperaturas entre los 27ºC y los 54.5 ºC.

4.2 Tolerancia a los aditivos:

Algunos nutrientes y aceites esenciales no reaccionan de buena manera a temperaturas por debajo de los 23.8 ºC y por encima de 49ºC. Es más probable que el jabón elaborado bajo estas temperaturas presente cambios químicos al exponerlo a nutrientes a temperatura ambiente y a

aceites esenciales y perfumados. Las mezclas preparadas entre 27 ºC y 38 ºC producen una mezcla de jabón que acepta mejor los aditivos.

La mayoría de los aceites esenciales toleran una amplia gama de temperaturas durante la elaboración del jabón sin endurecerlo, separarlo o invertir el proceso de saponificación. Sin embargo, no se puede establecer un patrón general para las esencias siempre es mejor probarlas en pequeños lotes de jabón y se deben agregar (junto con los nutrientes) a una temperatura que minimice el impacto (temperaturas medias).

4.3 Estabilidad de los componentes:

Los componentes más sensibles en la elaboración del jabón son los ácidos grasos, provenientes de aceites y grasas, y las enzimas y vitaminas de los nutrientes. Puede que no soporten una larga exposición a temperaturas altas, estos componentes se conservan mejor si durante el proceso las temperaturas son bajas.

4.4 Tiempo de espera:

Algunos fabricantes de jabón prefieren trabajar en caliente porque no tienen que esperar que la sosa se enfrié para ser agregada a las grasas. Sin embargo, la solución alcalina se puede preparar en grandes cantidades con anticipación para ser añadida a temperatura ambiente (18-27ºC) a las grasas más calientes (43-49ºC), pero se debe tener cuidado al almacenar la solución ya que si no se tapa herméticamente podría suavizarse.

4.5 Granos del jabón:

La mayoría de las personas no ve ninguna diferencia entres los granos de jabón preparados a temperatura alta o a baja. A temperatura baja se logra un grano fino, húmedo y denso; en cambio a temperatura alta ocurre todo lo contrario, los granos son secos y más grandes.

4.6 El cuajado en las pastillas:

El cuajado de una mezcla jabonosa es la formación de trozos sólidos, blancos y aperlados que componen la pastilla final y que son indeseables ya que dañan el jabón, y es vulnerable a las altas temperaturas durante el proceso.

El jabón caliente se debe mezclar de forma rápida y constante, es menos probable que el cuajado ocasione problema si se usa un mezclador mecánico, debido a que la velocidad de la mezcla es rápida y constante. Si al mezclar manualmente hace pausas es casi seguro que este se cuaje.

4.7 Finalización del proceso de saponificación:

Cuando el jabón ha endurecido y está preparado para poder utilizarlo, toda la solución de sosa disponible debe haber reaccionado con las grasas y aceites. Solo una parte de los ingredientes se han unido y reaccionado cuando la mezcla de jabón se vierte en los moldes el resto del proceso de reacción de la saponificación se produce durante el periodo de aislamiento y solidificación.

La reacción de saponificación está dirigida por el calor, aunque no se aplica calor extremo a la mezcla, la propia reacción produce el calor y el jabón lo retiene y lo utiliza para que la reacción se pueda seguir produciendo. Ciertamente las temperaturas altas producen pastillas de jabón bien saponificadas, pero las temperaturas más frescas también. Se sabe que las temperaturas altas mejoran el contacto de los ingredientes y dan más oportunidades de reacción. Pero el jabón puede que siga y, al mismo tiempo, desafié esta regla.

4.8 Incorporación de ingredientes con altos puntos de fusión:

Cuando se añaden ingredientes con altos puntos de fusión como la cera de abeja (punto de fusión 60ºC), es mejor agregarlos junto con las grasas y aceites para que se saponifiquen juntos. Si se añade durante el cuajo aparecerán pequeños trocitos de cera que no desaparecen en las pastillas finales.

4.9 Capacidad de producción de lotes pequeños:

El calor y el mezclado influyen directamente en la reacción de saponificación, aunque no se requiere una gran cantidad de calor. Los lotes pequeños retienen menos calor que los grandes y normalmente se producen a temperaturas un poco más altas. A pesar de que una temperatura de 27 ºC genera suficiente calor para que se pueda producir la reacción de la saponificación aun cuando se mezcla en forma enérgica y continua, se recomienda que la producción de lotes de menos de 2.3 Kg se realice ente 38ºC y 43 ºC.

Los aspectos más importantes se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1.Temperaturas de procesamiento y características de la elaboración de jabón.

Características del jabón.	**27ºC-32ºC**	**35ºC-40.5ºC**	**43ºC-49ºC**	**51.6ºC-60ºC**
Cuajo rápido con lotes de 2.3 Kg o menos con un mezclado manual rápido.	X	X	X	X
Cuajo rápido con lotes de más de 2.3 Kg con un mezclado manual rápido.	X	X	X	X
Cuajo rápido con un mezclado mecánico rápido.	X	X	X	X
Saponificación más completa en el vertido.			X	X
Lote pequeño (menos de 2.3 Kg).		X		
Jabón de grano fino.	X	X		
Menos reacción a las esencias (menor tendencia a la solidificación).	X	X		
Menos destructivo para los nutrientes.	X	X		
Menos vulnerable al cuajado.	X	X		
Proceso más lento (se pueden añadir elementos en el último momento sin tener que darse prisa para evitar una mezcla demasiado espesa).		X		
Periodos más cortos de enfriamiento para la sosa y las grasas y los aceites.			X	X
Evitar porciones calientes.	X	X		
Jabón más fluido.		X		
Agregar ingredientes con altos puntos de fusión.			X	X

Tabla 2. Álcali necesario para saponificar aceites, grasas o ceras corrientes.

Aceite, grasa o cera	% de Hidróxido de sodio (NaOH)	% de Hidróxido de Potasio (KOH)
Aguacate	13,4	18,7
Almendras dulces	13,7	19,2
Azafranillo	13,7	19,2
Babassu	17,6	24,6
Manteca de bambara	12,0	18,0
Cacahuete	13,7	19,2
Manteca de cacao	13,8	19,3
Canola	13,7	19,2
Aceite de cáñamo	13,7	19,2
Manteca de coco	19,0	26,6
Colofonia	13,0	18,2
Soja	13,6	19,0
Sésamo	13,4	18,7
Sebo	14,1	19,6
Ricino	12,8	17,9
Semilla de palma	15,7	22,0
Palma	14,2	19,9
Oliva	13,6	19,0
Manteca de cerdo	13,9	19,5
Aceite de maíz	13,7	19,2
Lanolina	7,6	10,6
Aceite de jojoba	7,0	9,8
Germen de trigo	13,2	18,5

5. Materias primas

Los dos ingredientes fundamentales en la fabricación de jabones son las grasas y aceites y las soluciones alcalinas.

5.1 Grasas y aceites

Las grasas y aceites son los componentes por excelencia del jabón, ocupan cerca del 70%-80% de su peso total. Muchas grasas y ácidos comunes son clasificados químicamente como triglicéridos o esteres de ácidos grasos. Su estructura es muy compleja, consiste en un glicerol que tiene conectado tres moléculas de ácidos carboxílicos (ácidos grasos). En algunas grasas, la cadena ácida es la misma y en otras tienen diferentes estructuras.

Los ácidos grasos pueden ser clasificados como saturados o insaturados dependiendo de la presencia de dobles enlaces. Los ácidos oleico, linoleico y linolénico son todos insaturados; mientras que los ácidos láurico, mirístico, esteárico y palmítico son moléculas saturadas. Las grasas solidas tienden a contener ácidos grasos saturados y los aceites se componen, en mayoría, de ácidos grasos insaturados.

Tabla 3. Estructura y punto de fusión de ácidos grasos comunes.

Nombre	Estructura	Punto de fusión (ºC)
Ácido oleico	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	16
Ácido linoleico	$CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	-5
Ácido linolénico	$CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	-11
Ácido láurico	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	44
Ácido mirístico	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	58
Ácido esteárico	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	63
Ácido palmítico	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	70

La mayoría son tanto de origen vegetal como de origen animal. La distinción de los triglicéridos en ácidos y grasas es necesariamente arbitraria, depende del estado que tengan a temperatura ambiente en su lugar de origen. Generalmente, los aceites son líquidos (aceites de origen vegetal) y las grasas son solidas (grasas de animales).

Los aceites de uso alimenticio siempre son refinados, blanqueados y desodorizados para remover los ácidos grasos libres, el color, el mal olor y los sabores indeseados. Pero para los jabones el tratamiento de las grasas y aceites no es tan riguroso; los ácidos grasos libres no son una desventaja, además en la mayoría de los casos se añade colorantes y fragancias a las barras finales que enmascaran su olor y color original, y por el sabor obviamente no hay que preocuparse.

Un buen jabón nunca se hace con un solo aceite, su formulación depende de las exigencias y necesidades que se desean cubrir. Los ácidos grasos provenientes de los triglicéridos deben contener preferiblemente de 12 a 18 átomos de carbono. La elección del aceite o grasa es en parte

cuestión de estética. Se debe vigilar la intensidad del color del aceite y el olor.

Otra consideración importante que se debe tener en cuenta es la caducidad o estabilidad. Los aceites líquidos por ser insaturados se combinan mejor con el oxígeno que las grasas saturadas, como el aceite de coco o el de palma. La oxidación hace que se enrancien, en general, los aceites con alta proporción de ácido linolénico son los menos estables y los más propensos a enranciarse. Pero esto es un poco simplista, porque hay muchos otros factores que influyen en la estabilidad de un determinado aceite, como las condiciones de producción, el tipo de recipiente, la temperatura de almacenamiento y la presencia de antioxidantes naturales. Se puede decir con seguridad que si se empieza con aceites comprados recientemente que huelan bien al abrirlos, el jabón resultante podrá conservarse mucho tiempo guardado.

En la tabla 4 se muestra la composición de los ácidos grasos de algunos triglicéridos y en la tabla 5 se muestra sus propiedades.

Tabla 4. Composición de los ácidos grasos de algunos triglicéridos*.

ACEITE/GRASA ACIDO	SIMBOLO	COCO	ALMENDRA	MANI	SOYA	OLIVA	MAIZ	PALMA	MANTECA	SEBO (RES)	MANTEQUILLA
Caprilico	C08:0	07	04	-	-	-	-	-	-	-	01
Caprico	C10:0	08	04	-	-	-	-	-	-	-	03
Laurico	C12:0	48	50	-	-	-	-	-	-	-	04
Mirístico	C14:0	17	16	-	-	-	-	01	01	02	12
Palmítico	C16:0	09	08	11	11	14	12	46	26	35	29
Esteárico	C18:0	02	02	03	04	03	02	04	11	16	11
Oleíco	C18:1	06	12	46	25	68	27	38	49	44	25
Linoléico	C18:2	03	03	31	59	13	57	10	12	02	02
Linolénico	C18:3	-	-	02	08	-	01	-	01	-	-

*En la tabla 4 el número que acompaña al símbolo C es el número de átomos de carbono y el número que sigue a los dos puntos indica la cantidad de insaturaciones.

Tabla 5. Propiedades de las grasas y de los aceites corrientes para la fabricación de jabón.

Grasa o aceite	Tipo de espuma	Propiedades limpiadoras	Acción sobre la piel	Como se saponifica
Almendra	Aceitosa, compacta, persistente	De medianas a buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Cánola	Aceitosa, compacta, estable	Medianas	Suave	Con bastante facilidad
Coco	Rápida, burbujas densas, no dura	Excelentes	Acción abrasiva, pone la piel áspera	De prisa
Colofonia	Aceitosa, espesa	Medianas	Suave	Muy de prisa
Oliva	Aceitosa, compacta y resistente	De medianas a buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Palma	Lenta, duradera, cerrada	Muy buenas	Muy suave	Muy fácilmente
Ricino	Espesa, duradera	Suficientes	Suave	Muy fácilmente
Sebo	Bastante lenta, duradera, espesa	Buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Semilla de palma	Rápida, abundante, grandes burbujas, no dura	Excelentes	Acción abrasiva, pone la piel áspera	De prisa
Soya	Aceitosa, abundante, estable	Suficientes	Suave	Con bastante facilidad

Como se ve los aceites y grasas que se componen de ácidos grasos con menor número de átomos de carbono facilitan la producción de espuma pero no tienen una buena acción limpiadora, en cambio los que se componen en su mayoría de ácidos grasos con una mayor cantidad de átomos de carbono aunque no dan buena espuma tienen excelentes propiedades limpiadoras. También cabe destacar que los que tienen mayor cantidad de átomos de carbono son más amigables con la piel.

En base a estos aspectos se escoge que tipo de aceite usar y en qué proporción, de esto depende la calidad del producto. En particular se va a puntualizar las propiedades del aceite de coco, el de oliva y el de palma porque son los que posiblemente se usaran en la fabricación de nuestro jabón.

5.1.2 Aceite de coco

El aceite de coco constituye el elemento principal de la mayoría de las formulas de jabón líquido, el motivo es que el ácido láurico que predomina en él es muy soluble en agua.

La solubilidad también conlleva que el jabón haga una espuma rápida y abundante. Los minerales que contienen las aguas duras disminuyen la espuma, ya que forman sales de calcio y magnesio insolubles, por lo tanto los jabones de aceite de coco son los que dan mejor resultado con aguas no desmineralizadas.

Un jabón de aceite de coco al 100% es líquido incluso cuando la proporción es de 40% de jabón y un 60% de agua. Por su parte, un jabón de aceite de oliva empieza a cuajar a concentraciones más bajas (20%).

Un inconveniente del aceite de coco es el efecto deshidratante del ácido láurico. Esta inconveniencia se puede remediar mezclándolo con aceites líquidos, como los de oliva o cánola. El aceite de semilla de palma se puede sustituir por aceite de coco porque tienen una distribución de ácidos grasos similar, pero necesita aproximadamente un 20% menos de solución caústica para ser neutralizado.

5.1.2 Aceite de palma:

El aceite de palma posee características que lo hacen ideal como base para jabones de manos opacos. Proporciona una pastilla solida y duradera, que hace una espuma abundante y consistente. Esta calidad deriva de los ácidos palmítico y esteárico que forman principalmente este aceite. Los jabones formados por este aceite son insolubles en agua. El aceite de palma y el sebo tienen características similares y se pueden usar indistintamente.

5.1.3 Aceite de oliva:

El aceite de oliva, que es acido oleico en un 85%, ha sido durante siglos el favorito de los fabricantes de jabón. Penetra la piel mejor que la mayoría de aceites vegetales. Los jabones resultantes son hidratantes y suaves, por lo que el aceite de oliva es una base excelente para jabones y champú de bebés. Además produce una espuma fina y ligera, una mezcla de 10 a un 20% de aceite de coco con un 80 o 90 % de aceite de oliva proporciona un jabon con más espuma.

5.2 Álcalis

Todos los jabones, ya sean líquidos o sólidos, se originan por la reacción de un álcali sobre los ácidos grasos. Del hidróxido de sodio y los ácidos grasos se obtiene una pastilla de jabón dura debido a la cristalización del sodio. Los jabones de sodio son opacos porque los cristales hacen que las ondas de luz reboten contra la superficie. Los jabones transparentes también pueden tener una base de sodio, pero se puede ver a través de ellas porque los cristales de jabón se han disuelto con disolventes como alcohol, glicerina o azúcar. Las ondas de luz atraviesan la pasta dando al jabón un aspecto transparente.

El hidróxido de potasio es la base de todos los jabones líquidos. El potasio es mucho más soluble que el sodio y menos propenso a formar cristales. Los jabones líquidos son claros porque la luz los atraviesa sin

obstáculos prácticamente del mismo modo que atraviesan una barra de jabón transparente.

6 Aditivos

Hay una variedad de aditivos que pueden ser formulados en las barras de jabón para proveer beneficios adicionales a los consumidores o para modificar la presentación de los productos.

6.1 Ácidos grasos libres:

Las barras de jabón son naturalmente alcalinas, debido a las propiedades del jabón en el agua y al proceso utilizado en su manufactura que en su mayoría deja un ligero exceso de álcali. Los ácidos grasos libres, comúnmente el de coco o el de semilla de palma, se añaden en la formulación para neutralizar este exceso. A menudo niveles de 1 a 8% de ácidos grasos se incorporan en la fórmula para modificar la presentación del producto. Los ácidos grasos libres se asocian con el jabón formando cristales ácidos de jabón, que cambian la textura, plasticidad y formación de espuma de la barra. Estos jabones son mas lisos y duraderos, ademas su espuma es mas estable, cremosa y densa. Sin embargo, puede que la estabilidad del color y el olor del producto final se degrade porque la degradación de los acidos grasos es mas rapida que la del jabón. Otros materiales se pueden usar para lograr el mismo efecto, por ejemplo ceras y trigliceridos. Estos agentes tambien actuan como excelentes emolientes.

6.2 Glicerol (glicerina):

Es un ingrediente común para el cuidado de la piel debido a sus propiedades hidratantes. Un 10% de glicerina ha demostrado que cambia significativamente la suavidad de la piel del consumidor. Desafortunadamente, niveles altos de glicerol pueden volver el jabón extremadamente suave y pegajoso.

6.3 Colorantes, tintes y pigmentos:

Es muy común modificar la apariencia o propiedades estéticas de las barras de jabón a través de la incorporación de varios colorantes y opacadores. El material usado comúnmente para aclara y blanquear las barras de jabón es el dióxido de titanio, en concentraciones menores al 0.8%, pero siempre se usan acompañados de los colorantes o tintes deseados o algún blanqueador. Los tintes que se usan son casi exclusivamente de drogas, cosméticos o comida. Algunos fabricantes prefieren inertes o pigmentos inorgánicos para producir coloración. Los pigmentos tienen una ventaja sobre los tintes; ellos tienes un color más estable y no son solubles en agua. El último atributo es importante para productos con rayas o dos tonos, porque las tintas solubles pueden migrar en el producto modificando el contraste de los tonos presentados.

6.4 Fragancia:

Una estética clave para la aceptación del consumidor de productos de limpieza personal es la fragancia del producto. El perfume es utilizado por los fabricantes de jabones como uno de los principales medios de focalización de productos para grupos específicos de usuarios y connota en diferentes posiciones de marketing. Un objetivo secundario de la fragancia es enmascarar el olor base del jabón. Por lo general, el desarrollo de la fragancia se lleva a cabo por las casas de perfume que se centran en las necesidades del desarrollo en el atractivo del producto. Por ejemplo, las fragancias para productos desodorantes suelen ser impactantes en la piel, además permiten una larga duración de la fragancia. Una gran cantidad de productos que aparecen en el mercado están diseñados para personas con piel sensible. Los tipos de fragancias y los niveles utilizados en estos productos de piel sensible son tales que enmascaran los olores base del jabón mientras que proporciona un suave perfume, lo que refuerza su suavidad o la compatibilidad con la piel. Los niveles de la fragancia están típicamente en el rango de 0,7 a 1,5%, pero los productos para la piel sensible contienen niveles mucho más bajos.

6.5 Quelantes y Antioxidantes:

Los jabones, ácidos grasos, y las fragancias son susceptibles a la oxidación durante el envejecimiento. El proceso de oxidación es muy complejo, pero normalmente los resultados de la reacción de los enlaces no saturados con estos componentes con el oxígeno en el aire, son la formación de una cadena más corta de aminoácidos, aldehídos y cetonas, las cuales son muy aromáticas. Por lo tanto, la oxidación puede producir un cambio en el olor del producto y causar decoloración en la barra. Para minimizar la oxidación de la base del jabón y otros ingredientes menores en las barras se utilizan comúnmente quelantes y antioxidantes.

Los quelantes en concentraciones de 0,1 a 0,2% mejoran la estabilidad de la oxidación a través de la formación de complejos de los iones metálicos, por ejemplo, el hierro, que catalizan los procesos oxidativos. Ejemplos de los quelantes utilizados son el ácido pentasódicodietilentriaminopentaacético(DTPA), ácido tetrasódicoetilendiaminotetracético (EDTA), etidronato de sodio (EHDP), y ácido cítrico. El silicato de magnesio, se formó en el jabón húmedo a través de la reacción de iones de magnesio y silicatos, es otro quelante de uso común en las barras de jabón simple.

Los antioxidantes se utilizan también en combinación con quelantes para mejorar aún más el olor del producto y la estabilidad del color. Los antioxidantes trabajan químicamente atrapando a los radicales libres formados durante el proceso de oxidación, disminuyendo significativamente la tasa de la reacción de degradación. El Butilhidroxitolueno (BHT), es uno de los antioxidantes comúnmente utilizados, se suele incorporaren los niveles de 100-200ppm en la formulación. BHT se añade con frecuencia directamente a la fragancia para mejorar la estabilidad en el almacenamiento del material limpio.

6.6 Aditivos para la piel:

El aumento de la frecuencia de los baños y la necesidad cambiante de los consumidores ha hecho necesario el desarrollo de productos que tienen beneficios para la piel. Además de los dos aditivos más comunes, ácidos grasos y glicerol, hay una gran cantidad de otros aditivos que son de uso

frecuente. Algunos ejemplos son la lanolina, vitamina E, gel de aloe vera, aceite mineral, y bicarbonato de sodio.

Materiales inertes se utilizan a veces en las barras de jabón como un medio para mejorar la suavidad de la piel. Los agentes de limpieza en altas concentraciones en algún momento pueden secar e irritarla piel. Existen una gran variedad de materiales inertes, se pueden mencionar los siguientes: la avena, dextrina, almidón, cera y talco. Estos materiales también se pueden depositaren la piel durante lavado, y modificarlas propiedades de enjuague de la barra de jabón y afectan la percepción del consumidor del producto y sus propiedades estéticas.

Las tecnologías más recientes se han utilizado en la fabricación de jabones de barra, que realmente mejora la suavidad de la piel. Un enfoque de estas tecnologías se basa en la minimización de los niveles generales de las especies irritantes como el lauratos y las especies no saturadas a través de adecuados equilibrio de las materias primas.

6.7 Agentes antimicrobianos:

El aumento de la frecuencia de los baños y la necesidad cambiante de los consumidores ha hecho necesario el desarrollo de productos que tienen beneficios para la piel. Además de los dos aditivos más comunes, ácidos grasos y glicerol, hay una gran cantidad de otros aditivos que son de uso frecuente. Algunos ejemplos son la lanolina, vitamina E, gel de aloe vera, aceite mineral, y bicarbonato de sodio.

Materiales inertes se utilizan a veces en las barras de jabón como un medio para mejorar la suavidad de la piel. Los agentes de limpieza en altas concentraciones en algún momento pueden secar e irritarla piel. Existen una gran variedad de materiales inertes, se pueden mencionar los siguientes: la avena, dextrina, almidón, cera y talco. Estos materiales también se pueden depositaren la piel durante lavado, y modificarlas propiedades de enjuague de la barra de jabón y afectan la percepción del consumidor del producto y sus propiedades estéticas.

Las tecnologías más recientes se han utilizado en la fabricación de jabones de barra, que realmente mejora la suavidad de la piel. Un enfoque

de estas tecnologías se basa en la minimización de los niveles generales de las especies irritantes como el lauratos y las especies no saturadas a través de adecuados equilibrio de las materias primas.

7 pH de los jabones comerciales.

JABON	PH	JABON	PH
Palmolive	9.99	Neutro-Roberts	8.80
Lux	10.23	Devall con avena	10.03
Nivea	10.25	Duraglecerina	9.02
Dove	7.39	Mexana con glicerina	10.25
Safeguard	10.23	Mennen hipoalérgico	10.21
Moncler	10.21	Baby de avena gold	10.21
Pétalo	9.70	Avena oatmeal Norah's	8.20
Camay	8.50	Alder cold creara	8.60
pH-derm.	7.00	Le Sancy	10.02
Algibon	7.40	Neutrobalance	9.70
Chicco	9.38	Protex	9.60
Reuter	9.80	Banner	9.60
Lubricid	9.34	Azul las Llaves	9.40
Neutrogena	8.00	Dermox	8.50
Oilatum	8.01		

Figura 5. pH de los jabones comerciales.

La remoción excesiva de la grasa de la piel por el uso de los jabones, puede producir alteraciones cutáneas que se observan tanto en piel normal como en piel hipersensible y que son de mayor severidad en aquellas que padecen enfermedades.

El potencial irritante de los jabones se atribuye a los siguientes factores: estructura química, pH, capacidad limpiadora y otros como el color, aroma, etc.

El pH de la piel es ácido, normalmente oscila entre 3.5 a 5.5 y un cambio brusco puede alterar la flora bacteriana de la piel provocando la

proliferación de gérmenes patógenos. Un jabón de pH muy alto sobrepasa la capacidad buffer de la piel provocando inflamaciones severas y sequedad extrema.

8 Salado del jabón (separación)

Durante la saponificación se añade sal a la caldera para producir grumos o gránulos. Como la sal es electrolito, reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa o lejía, por lo que el jabón se separa de la solución.

Esta precipitación del jabón se llama saladura o graneado del jabón. Manteniendo un grano blando en el jabón durante la saponificación se evita el espesamiento de la masa, con formación de nódulos duros que ocluyen grasas sin saponificar y que dificultan la producción de un jabón de buena calidad.

Además se cuentan con diagramas de equilibrio entre el jabón, el electrólito (NaCl y NaOH) y el solvente (agua y la glicerina) que permiten mejorar los procesos.

Se debe tratar de obtener jabones en las zonas donde se puedan separar las fases de jabón limpio (neat, < 3% de glicerina) y jabón sobrante (seat, (≈8 % de glicerina) para obtener un producto de calidad y poder recuperar la glicerina de la lejía y el electrólito (> 15 % glicerina). Este diagrama define muchos procesos industriales en donde se obtienen jabones con bajo contenido de glicerina, sin embargo a mediana escala, en donde no se tiene un control riguroso de la reacción, es difícil saber realmente en que zona se está trabajando, además cabe destacar que la separación de las fases toma un tiempo considerable (de 24 a 96 horas) y no asegura que se pueda observar a simple vista las diferencias entre una fase u otra de jabón.

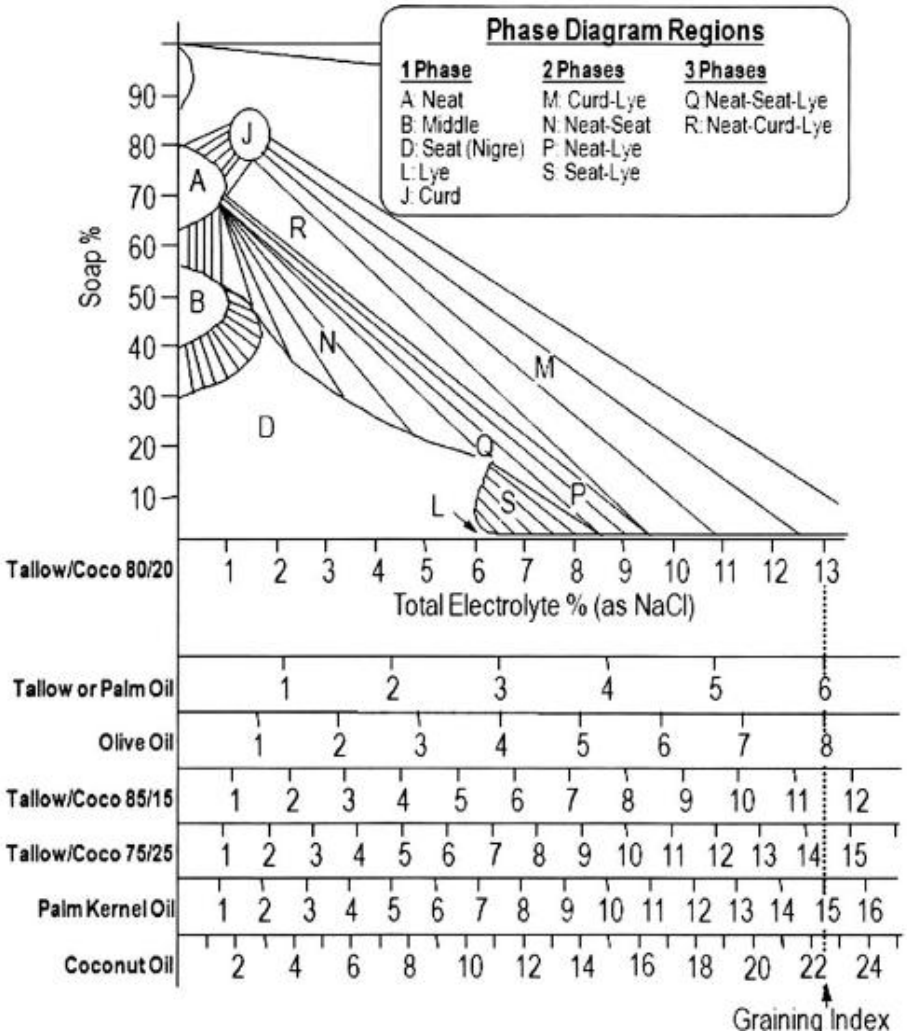

Figura 6. Diagrama de fases del jabón con múltiples escalas que permiten la representación de varias mezclas de jabón con el mismo diagrama.

9 Secado

Un contenido 78 a 80% de ácidos grasos es necesario para la fabricación de jabones de alta calidad. El contenido de ácidos grasos puede ser aumentado en el secado. Jabones doméstico y de tocador se secan al contenido de agua de aprox.24%y 12%, respectivamente. Al mismo tiempo, el jabón debe ser enfriado a 20- 30 ° C para proporcionar la fuerza necesaria para su posterior procesamiento. El sistema de vacío en spray ha sido la

primera selección a pesar de la revolución técnica en la industria del jabón desarrollada después de la segunda guerra mundial. El Agua se evapora y el jabón se expande a una presión de 20 a 40mbar. El vapor de agua se elimina del sistema de vacío por la condensación.

10 Obtención industrial de jabón

10.1 Proceso por lotes (Kettle boiled batch process):

En la industria la reacción de saponificación se efectúa en inmensas calderas de acero que pueden contener cerca de 130 toneladas de material. Las grasas y aceites se mezclan primero con hidróxido de sodio en la caldera. Los restos de jabón y sal de procesos anteriores permanecen en la caldera para promover la formación de una emulsión en la mezcla. La sal también ayuda en la solidificación del jabón.

La mezcla se hierve usando vapor a alta presión y temperatura que proviene de los inyectores dentro de la caldera. La inyección de vapor también juega un papel importante en el mezclado. Al final de la reacción de saponificación se añade salmuera caliente y vapor para separar el jabón y lavar el glicerol libre. La mezcla se asienta por varios días. La pasta de jabón gradualmente se recoge en la superficie. La capa acuosa (bajo el jabón) que contiene glicerol disuelto es removida y la salmuera reciclada. La glicerina se extrae por neutralización del álcali remanente y luego la solución se destila para remover el agua, seguida por una destilación a baja presión del glicerol. El glicerol es usado en muchos productos de cuidado personal y farmacéuticos y como reactivos para la manufactura de nitroglicerina.

La pasta de jabón se lava con agua para remover el exceso de sal y álcali. Luego se pasa el jabón a un secador de spray al vacio. Al final de este proceso, el jabón contiene cerca de 12 % de agua. Después se convierte en pequeñas bolitas que se combinan con fragancias y colorantes antes de mezclarlos de nuevo. Si el jabón va a ser presentado en barras, el sólido es extruido, moldeado y cortado hasta la forma deseada antes de

empacarlo. Pero si el jabón se requiere en polvo para usar en lavanderías, este es pasado por pulverizadores (secadores spray) para producir un polvo fino.

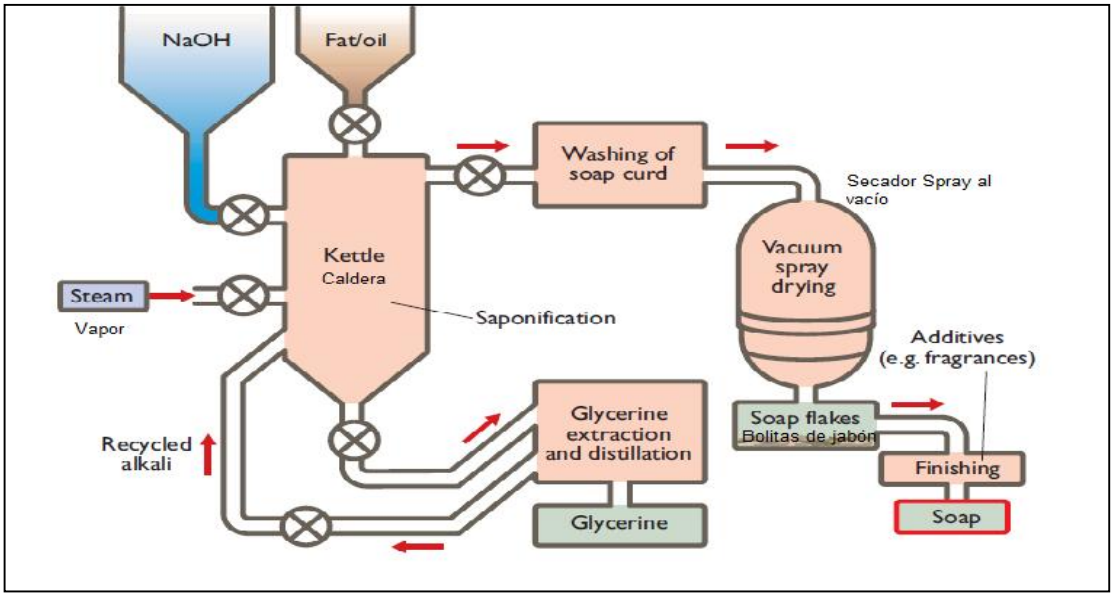

Figura 7. Proceso por lotes (Kettle boiled batch process).

5.1 Proceso continuo de saponificación:

En este proceso, la capacidad de la planta se divide en tres o seis calderas separadas. La saponificación se lleva a cabo de manera continua en un reactor con un sistema de reciclo. Un extractor liquido- liquido se usa para separa el jabón, la glicerina y la solución alcalina. Todo el proceso toma solo unas pocas horas y requiere menos espacio en la planta. Otra ventaja de este proceso es que se necesita menos vapor por ton de jabón producido (100-150Kg/h) que la saponificación discontinua en calderas (800-1000Kg/h). tambien es importante destacar que el consumo de energía es mayor en el proceso continuo (35-45 KWh) que en el proceso por lotes (2-3-KWh). Por lo tanto este proceso es rentable solo para la producción de mínimo 50 toneladas de jabón por día.

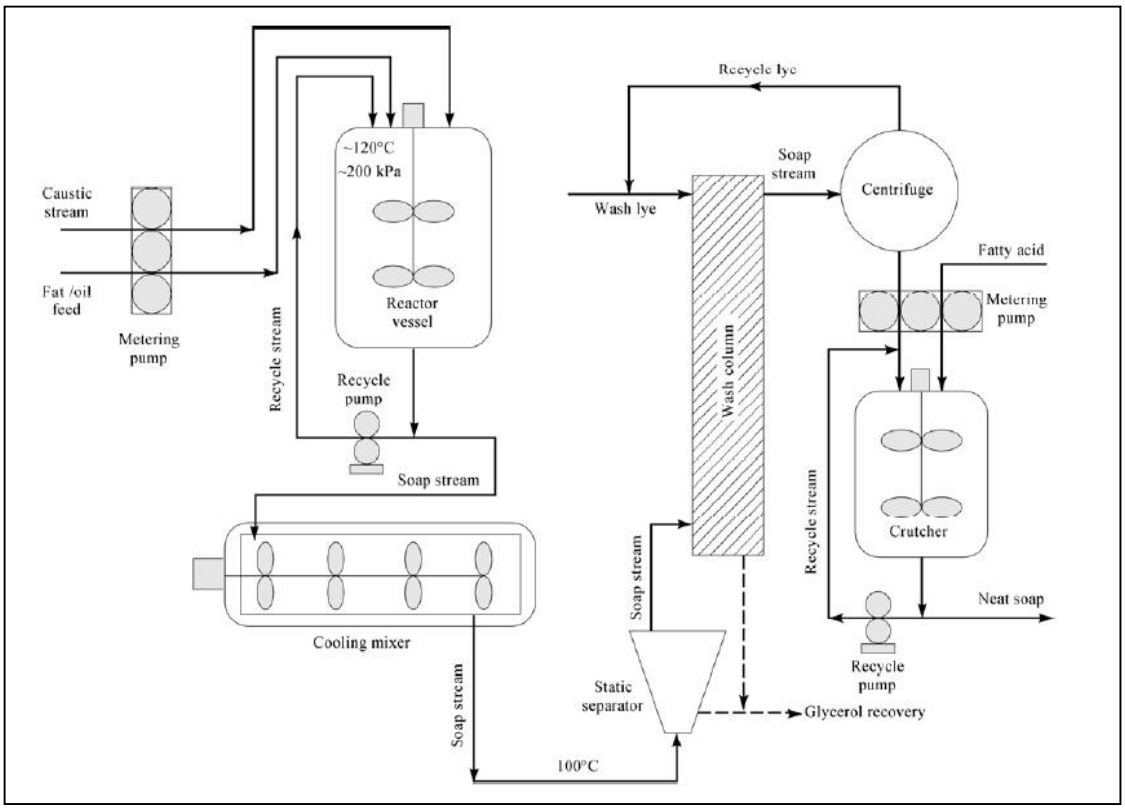

Figura 8. Proceso continuo de saponificación.

5.2 Proceso por neutralización de ácidos grasos:

Fue desarrollado en 1940 y ahora es el método más usado en la manufactura de jabón. El proceso ocurre en dos pasos.

En el primer paso, se usan altas presiones (5 MPa) y altas temperaturas (250 ºC) para romper los esteres de ácidos grasos (glicerol y ácidos grasos). La reacción se efectúa en largos tubos de acero (20m de largo * 1m e diámetro) en presencia de un catalizador (óxido de zinc). Las grasas y aceites con el vapor para formar glicerol y ácidos grasos. Remover el glicerol ayuda a incrementar el rendimiento de ácidos grasos, ya que el siguiente equilibrio se desplaza hacia los productos:

$$\text{Grasa/Aceite} + \text{Agua(vapor)} \rightleftarrows \text{Glicerol} + \text{Ácidos grasos}$$

Figura 9. Neutralización de ácidos grasos.

Los ácidos grasos se purifican y se destilan en columnas fraccionadas para obtener diferentes fracciones. Estas se pueden mezclar de cierta manera para ser usadas en el segundo paso del proceso.

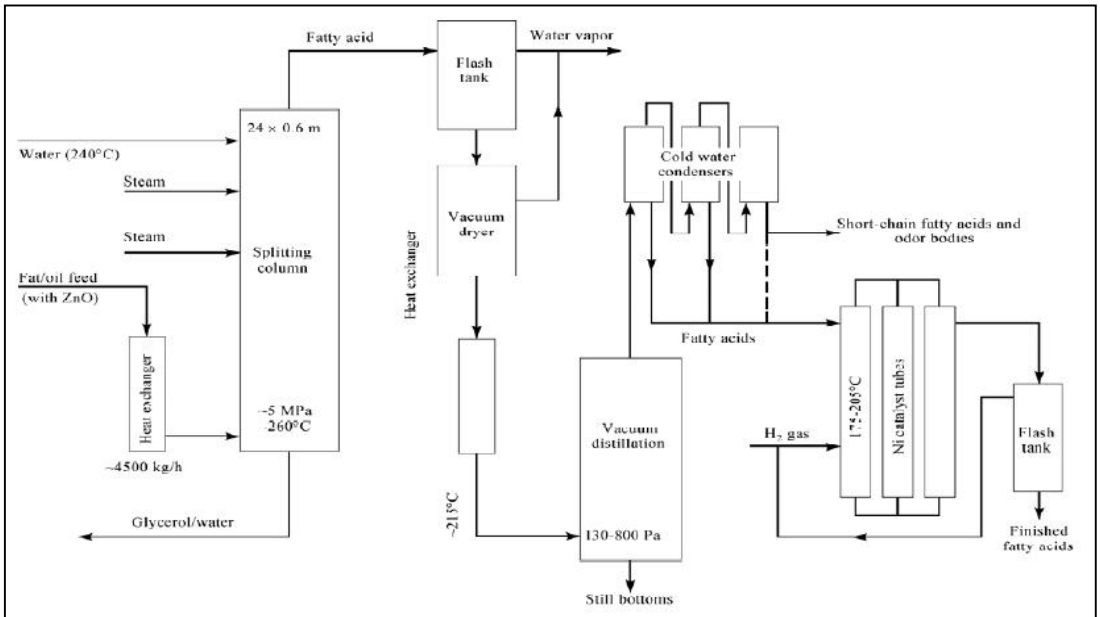

Fig. 4. Process stream diagram for the production of fatty acids through hydrolysis of fats and oils. Steam is at 5.2–6.2 MPa (750–900 psi). To convert MPa to psi, multiply by 145. To convert Pa to mm Hg, multiply by 0.0075.

Figura 10. Proceso por neutralización de ácidos grasos.

En el segundo paso, varias fracciones de ácidos grasos son estequiometricamente neutralizados con bases como hidróxido de sodio o potasio para producir el jabón.

$$\text{Ácidos grasos} + \text{Base} \rightleftarrows \text{Jabón} + \text{Agua}$$

Figura 11. Saponificación de ácidos grasos.

Esta reacción de neutralización es exotérmica por lo tanto las condiciones de operación se controlan para evitar la ebullición de la mezcla. El jabón se recupera por medio de la separación tradicional.

Experimental

OBJETIVO:

Estudiar la reacción de producción de jabón por hidrólisis de saponificación de una grasa y determinar el rendimiento teórico y compararlo en la práctica.

SUSTANCIAS A UTILIZAR:

- Aceite de Oliva
- Aceite de Palma
- Aceite de Almendra
- Aceite de Coco
- Hidróxido de Sodio
- Solución Saturada de NaCl

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- En un vaso de precipitados de 500 ml pesar la muestra a tratar.

Aceite de Palma	Aceite de Oliva	Aceite de Coco
50 grs.	50 grs.	10 grs.

- Añadirle el hidróxido de sodio correspondiente los cuales deben ser disueltos en agua.

	Aceite de Palma	Aceite de Oliva	Aceite de Coco
NaOH	7.37 grs.	7.05 grs.	1.9 grs.
H2O	30.7 ml	29.4 ml	8 ml

- La Mezcla se introduce en un baño de maría, y se tiene que mantener la temperatura entre 80 y 90 °C, agitar la mezcla constantemente para mantenerla homogénea hasta que se forme una pasta.

Nota:

- Para saber si la reacción ha terminado, se toma una pequeña muestra de la mezcla y se le añade agua, si la muestra no se disuelve, se debe continuar el calentamiento.

- Después de comprobar que la mezcla ya esta lista, se le añade la siguiente cantidad de solución saturada de NaCl:

Aceite de Palma	**Aceite de Oliva**	**Aceite de Coco**
300 ml	300 ml	80 ml

- La mezcla se filtra a través de un embudo al vacío, pesando previamente los papeles de filtro.
- Se dejan secar una semana a temperatura ambiente.

Resultados y discusiones

- Aceites y grasas triglicéridos: Aceite de Palma, Aceite de Coco, Aceite de Oliva y Aceite de Almendra.
- Solución Alcalina: Hidróxido de Sodio NaOH.

Cada Aceite triglicérido se saponificó por separado, calculándose previamente las cantidades respectivas teóricas de solución de Hidróxido de Sodio necesarias para una reacción de saponificación completa.

En la siguiente tabla se observa las cantidades iniciales de aceite utilizado y la cantidad de jabón obtenido respectivamente, a su vez se aprecia el rendimiento de cada reacción de saponificación y su discrepancia con el valor teórico esperado:

Tabla 3. Resultados.

Aceite o Grasa	Masa aceite inicial (g)	Masa jabón inicial (g)	Masa jabón final (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento Teórico (%)	Discrepancia (%)
Palma	50.04	0	70.698	141.282	107.47	31.46
Oliva	50.09	3.87	60.457	120.696	106.11	13.75
Almendra	50.03	3.56	59.920	119.768	102.81	16.49
Coco	10.01	0	12.560	125.471	111.11	12.92

En general, los jabones pueden producirse en un gran rango de temperaturas que abarca desde los 20 a los 90 °C, la temperatura utilizada depende del proceso de elaboración y las necesidades del fabricante. En nuestro caso, la reacción de saponificación de cada uno de los aceites se llevó a cabo a altas temperaturas (alrededor de 80°C), con el fin de acelerar la velocidad de reacción. En consecuencia del uso de altas temperaturas, se obtienen granos de jabón secos y de gran tamaño.

En cuanto a la velocidad de reacción de saponificación de los aceites: los aceites de palma y coco contienen en mayor proporción Ácido Pálmico y Ácido Laúrico respectivamente, ambos ácidos son moléculas saturadas, por lo que es más fácil que se dé la reacción de saponificación, es decir tendrán una rápida velocidad de reacción. En el laboratorio para ambos aceites, la

formación del jabón se dio en un tiempo aproximado de una hora. En contraparte los aceites de oliva y almendra poseen proporciones considerables de Ácido Oleico, cuya molécula es insaturada, por lo que para ambos se estima un mayor tiempo de reacción, sin embargo este tiempo de reacción puede ser acortado, al añadir a la materia prima inicial pequeñas proporciones de jabón, como se hizo en la práctica. El jabón agregado actúa como un agente emulsionante, de tal manera que la grasa no saponificada se disgrega, aumentando así la superficie de contacto entre los reactivos y en consecuencia la velocidad de reacción. En la práctica la saponificación del aceite de oliva y almendra se dio en unas tres horas, sin embargo al agregar una pequeña cantidad de jabón inicial este tiempo se redujo a 2 horas.

Luego de formada la pasta de jabón, es necesario separarla de la fase acuosa (agua, glicerina y solución de NaOH que no reaccionó). Por lo tanto, ésta fué sometida a lavado con una solución concentrada de Cloruro de Sodio NaCl. Como la sal es un electrolito, reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa, por lo que este se separa de la solución.

Por otra parte, se obtuvo una pasta opaca y blanquecina de jabón para todos los casos, esto se debe a la utilización del Hidróxido de Sodio como agente alcalino. Del hidróxido de sodio y los ácidos grasos se obtiene una pastilla de jabón dura debido a la cristalización del sodio. Los jabones de sodio son opacos porque los cristales hacen que las ondas de luz reboten contra la superficie.

Se dejó reposar la pasta de jabón obtenida en cada caso, alrededor de una semana, debido a que el proceso de saponificación continúa durante este tiempo y es autocatalizado.

Los rendimientos obtenidos fueron altos debido a que quedaron restos de glicerina que no se separaron del jabón en el proceso de salado, y a la humedad ligada a la pasta, se debe recordar que no se logro secar completamente.

Se considero innecesario hacer uso de los diagramas de equilibrio para extraer la glicerina porque los jabones obtenidos no contienen más de 14 % de la misma; se recomiendan proporciones de glicerina en el jabón de 10% aproximadamente, por sus propiedades emolientes e hidratantes. Además debido a la complejidad de la mezcla y a las condiciones de

reacción es difícil controlar las cantidades que se forman, y esto es necesario para calcular la proporción de jabón, electrolito (glicerina, agua, NaOH y NaCl) en la mezcla para ubicar su condición de equilibrio.

Para formar el jabón comercial, se mezclaron en diferentes proporciones las pastas obtenidas de cada aceite, dependiendo de sus propiedades. Se hicieron dos mezclas bases de jabón a las cuales se añadieron posteriormente aditivos. Una mezcla constituida de jabón proveniente de aceite de palma, coco y oliva; y la otra mezcla con jabón proveniente de aceite de palma, coco y almendra. Aproximadamente estas mezclas contienen 70% de aceite de palma, 20% de aceite de oliva y almendra y 10% de aceite de coco.

El aceite de coco tiene excelentes propiedades limpiadoras y de formación de espuma, además por ser saturado ofrece consistencia al jabón. Las altas proporciones de ácido laúrico lo hacen muy soluble en agua, sin embargo es muy abrasivo para la piel por lo que se agrega en pocas proporciones en ambas mezclas.

El aceite de palma proporciona una pasta sólida y duradera de jabón que produce una espuma consistente, además tiene buenas propiedades limpiadoras. Es por esto que se agrega en grandes proporciones en ambas mezclas. Otra cualidad es que es saturado, por lo que tiende menos a oxidarse y enranciarse.

Por otra parte los jabones provenientes de aceite de oliva y almendra producen una espuma fina y ligera y son medianamente limpiadores. Pero penetran la piel mejor que la mayoría de aceites vegetales y son muy hidratantes y suaves, además de poseer agradable aroma. Sin embargo las pastas de estos jabones son un poco blandas, por eso es necesario mezclarlas con un jabón de mayor dureza, como el de palma.

Al final, se obtiene un jabón consistente con excelentes propiedades limpiadoras y de formación de espuma, además de ser hidratante y suave a la piel.

Para mejorar aún más las propiedades del jabón y complacer así las necesidades del consumidor, se añaden aditivos a ambas mezclas. Entre los cuales destacan, la miel y vitamina E con sus cualidades antioxidantes,

avena como exfoliante, y por último colorantes y fragancias con fines estéticos y comerciales. Estos aditivos los agregamos a las pastas finales obtenidas y no durante el proceso de saponificación para q no sufran alteraciones ni descomposición debido a las elevadas temperaturas.

Para obtener las barras comerciales fue necesario secarlas para obtener un producto de alta calidad. El secado de las barras se realizó de dos maneras para verificar la velocidad y las condiciones de secado. La primera muestra se secó al vacío a 30 °C durante 10 horas obteniéndose un resultado satisfactorio; en cambio la segunda se secó a presión atmosférica a 35°C durante 3 días, obteniéndose los mismos resultados que en la primera experiencia.

Otro factor determinante en la elaboración de jabones es el pH, este debe controlarse de manera rigurosa para evitar lesiones en la piel de los consumidores. El mismo día que se realizó la saponificación se midió el pH con papel tornasol y este varió de 8.5 a 14, siendo el pH más alto para los jabones de oliva y almendra que tienen una velocidad de reacción más lenta. A pesar de obtener resultados relativamente exactos con la medición por medio de papel indicador, se decidió medir el pH de las barras finales con un potenciómetro (ver figura 24). A 32 °C se disolvieron 5.3201 g y 3.8695 g de la presentación con jabón de oliva y almendra, respectivamente, en 150 ml de agua, obteniendo para ambos casos pH 10. Este resultado es un poco alto considerando que el jabón esta diluido, sin embargo según la figura 5 tiene un rango aceptable dentro de los jabones comerciales.

Conclusiones

Por medio de la saponificación de aceite de palma, coco, oliva y avena se obtuvieron, con buen rendimiento, dos presentaciones de jabón comercial con pH 10, que tienen excelentes propiedades de limpieza y producción de espuma, de consistencia adecuada y que aportan a la piel ciertos beneficios.

Para la primera presentación se obtuvo un jabón exfoliante de avena y miel de color blanco realizado a base de jabon de palma, oliva y almendra; y para la segunda se realizaron jabones de colores aromatizados con esencia de manzana y rosas de diferentes colores.

Muestra de cálculo

- **Cálculo del rendimiento teórico de la saponificación de aceite de palma:**

Base de cálculo			100g de aceite de palma				
Ácido	**PM (g/mol)**	**X en peso**	**Masa de ácido (g)**	**Moles de ácido (mol)**	**Moles de jabón (mol)**	**PM del jabón (g/mol)**	**Masa de jabón (g)**
Caprílico	144	0	0	0	0	167.21	0
Caprico	172	0	0	0	0	195.26	0
Láurico	200	0	0	0	0	223.3178	0
Mirístico	228	0.01	1	0.0044	0.0044	251.36	1.10
Palmítico	256	0.46	46	0.1794	0.1794	279.4	50.13
Esteárico	284	0.04	4	0.0141	0.0141	307.48	4.32
Oleíco	282	0.38	38	0.1348	0.1348	305	41.10
Linoleíco	280	0.1	10	0.0357	0.0357	303.4455	10.82
Linolénico	278	0	0	0	0	301.43	0
Total					0.3683	Rendimiento teórico (%)	107.5

En base a 100 g de aceite se calcula:

$$Masa\ de\ \text{ácido}\ Mirístico = 0.01 \frac{g\ \text{ácido}}{g\ aceite} * 100\ g\ aceite = 1 g\ \text{ácido}$$

$$Moles\ de\ \text{ácido}\ Mirístico = \frac{1\ g\ \text{ácido}}{228\ g\ \text{ácido}} * 1 mol\ \text{ácido} = 0.0044\ mol\ \text{ácido}$$

$$Moles\ de\ jabón = 0.0044\ mol\ jabón * \frac{251.36 g\ jabón}{mol\ jabón} = 1.10\ g\ jabón$$

Se realiza el mismo procedimiento para todos los componentes del aceite de palma y por último se suman las masas de jabón.

$$\%Rendimiento\ teórico = \frac{masa\ jabón\ final\ teórico}{masa\ aceite\ inicial} * 100$$

$$\%Rendimiento\ teórico = \frac{107.5g\ jabón}{100g\ aceite} * 100 = 107.5\%$$

- **Cálculo del rendimiento real de la saponificación de aceite de palma y la discrepancia con respecto al valor teórico:**

Aceite o Grasa	Masa aceite inicial (g)	Masa jabón inicial (g)	Masa jabón final (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento Teórico (%)	Discrepancia (%)
Palma	50.04	0	70.698	141.282	107.47	31.46

$$\%Rendimiento = \frac{masa\ jabón\ final}{masa\ aceite\ inicial} * 100$$

$$\%Rendimiento(Palma) = \frac{70{,}6975g}{50{,}04g} * 100 = 141{,}282\%$$

$$\%RendimientoTeórico = \frac{masa\ jabón\ final\ teórico}{masa\ aceite\ inicial} * 100$$

$$\%RendimientoTeórico(Palma) = \frac{53{,}7779g}{50{,}04g} * 100 = 107{,}47\%$$

$$\%Discrepancia = \frac{\%Rendimiento - \%Rendimiento\ Teórico}{\%Rendimiento\ Teórico} * 100$$

$$\%Discrepancia(Palma) = \frac{141{,}282\% - 107{,}47\%}{107{,}47\%} * 100 = 31{,}4618\%$$

Bibliografía

Cavitch, S. Guía práctica para hacer jabones (2003) [Libro en línea, consultado: Noviembre, 2011]. Disfruto y hago: España. Disponible en: http://books.google.com/books?id=Sdy2qBt9GMkC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

D'Santiago, I. y Vivas de Marcano, M. E. (1999). El pH de los jabones. Vol 34: 119-120. Dermatología venezolana

El libro de los jabones. (2004) [Revista en línea, consultado: Noviembre, 2011].Editorial ALBATROS: Buenos Aires, Argentina. Disponible en: http://books.google.com.ar/books?id=114MNmTwxOYC&lpg=PP1&dq=related%3AISBN8480196025&pg=PP1#v=onepage&q&f=false

Failor, C. (2002). Haciendo jabones transparentes [Libro en línea, consultado: Noviembre, 2011]. Disfruto y hago: España. Disponible en: http://books.google.com.ar/books?id=EbNkRvbH4K0C&lpg=PP1&dq=Reciclado&pg=PP1#v=onepage&q&f=false

Failor, C. (2001). Jabones líquidos. Disfruto y hago: España.

Othmer, K. (1963). "Enciclopedia De Tecnología Química, Revestimiento Industriales-Telurio Y Sus Componentes". Editorial Hispano-América. México.

Spitz,l. Soap Manufacturing technology. AOCS PRESS. Estados Unidos.

Ullmann, F. (1951)." Enciclopedia de química industrial". Tomo XI. Editorial Gustavo Gili. 2da ed. Barcelona – España.

.

Anexos

Figura 12. Saponificación de aceite de almendra.

Figura 13. Baño de María para controlar la temperatura.

Figura 14. Saponificación de aceite de oliva.

Figura 15. Mezclado.

Figura 16. Control de la temperatura.

Figura 17. El aceite de oliva con una velocidad de reacción lenta.

Figura 18. Filtrado de jabón de oliva.

Figura 19. Filtrado de jabón de almendra.

Figura 20. Solubilidad y formación de espuma.

Figura 21. Filtrado de jabón de palma.

Figura 22. En los moldes para el secado final.

Figura 23. Barras finales.

Figura 24. pH-metro.