

Fraccionamiento del aceite de palma: Estado actual, posibilidades futuras*

Fractionation of Palm Oil: Current Status, Future Possibilities



AUTOR

Ralph E. Timms
ralph@timms1.net

Palabras CLAVE

Oleínas (fracciones líquidas),
Esterinas (fracciones con punto
de fusión más elevado),
Fracciones medias
(fracciones con punto de fusión
intermedio o medio).

Oleins (liquid fractions), Stearins
(higher-melting fractions),
Mid-fractions (intermediate-
or middle-melting fractions).

Reimpreso con el permiso de:
Inform edición enero de 2007.
Copyright 2007. Sociedad Americana
de Químicos del Aceite
(American Oil Chemists' Society)

Resumen

El aceite de palma es el de mayor producción en el mundo y tiene una extensa variedad de propiedades de fusión. En este artículo se analiza la tecnología de fraccionamiento actual, sus limitaciones y cómo podría ser mejorada en el futuro. El fraccionamiento significa cristalización fraccionada, el proceso ocurre en etapas y puede en ocasiones tardar hasta 24 horas. Aunque por razones económicas la mayor parte del aceite de palma se fracciona sin un disolvente, vale la pena considerar esta situación más en detalle y entonces cabe formular dos preguntas básicas: ¿Ofrecen los disolventes orgánicos una mejor eficiencia en la separación de los triglicéridos que el fraccionamiento en seco, por ejemplo, fraccionamiento sin un disolvente adicionado? y ¿cuál es el mejor disolvente?

Summary

Palm oil is the world's most produced oil and it has a wide variety of melting properties. This article considers current fractionation technology, its limitations, and how it might be improved in the future. Fractionation means fractional crystallization, the process takes place in stages and in some cases it can take up to 24 hours. Although for economic reasons most palm oil is fractionated without a solvent, it is worth considering this more fundamentally. Therefore, two basic questions can be asked: Do organic solvents offer better triglyceride separation efficiency than dry fractionation, i.e., fractionation without an added solvent? Which is the best solvent?

* El siguiente artículo está basado en un discurso de premiación pronunciado por el autor, en la Conferencia y exhibición mundial sobre semillas oleaginosas y utilización de aceite vegetal: procesamiento, subproductos, biodiésel, aceites especializados y funcionales, y nuevas aplicaciones & tecnologías, celebrada en Estambul (Turquía) del

El aceite de palma es el de mayor producción en el mundo. Cerca de la mitad es fraccionado para obtener varias oleínas (fracciones líquidas), estearinas (fracciones con punto de fusión más elevado) y fracciones medias (fracciones con punto de fusión intermedio o medio), con una extensa variedad de propiedades de fusión. Brevemente, se analizará la tecnología de fraccionamiento actual, sus limitaciones y cómo podría ser mejorada en el futuro.

El fraccionamiento significa cristalización fraccionada. El proceso ocurre en etapas:

- El aceite se funde completamente (con o sin disolvente orgánico)
- Se enfría bajo condiciones controladas hasta que se formen núcleos de cristales
- Se permite a los cristales crecer, madurar y aglomerarse
- Se separan los cristales (estearina) del líquido (oleína). Las proporciones de estearina y oleína se determinan por el comportamiento de la fase del sistema, siendo la temperatura de cristalización el factor más importante. Todo el proceso tarda varias horas, hasta 24 horas en algunos casos.

Aunque por razones económicas la mayor parte del aceite de palma se fracciona sin un disolvente, vale la pena considerar esto en más profundidad. Las siguientes dos preguntas se hicieron en Unilever en la década de 1970:

- ¿Ofrecen los disolventes orgánicos una mejor eficiencia en la separación de los triglicéridos que el fraccionamiento en seco, por ejemplo, fraccionamiento sin un disolvente adicionado?
- ¿Cuál es el mejor disolvente?

En ese tiempo, Lodgers Crokiaan en el Reino Unido usaba acetona, Aarhus en Dinamarca empleaba hexano y Glidden Durkee en Estados Unidos 2-nitropropano.

Nosotros desarrollamos un enfoque teórico para responder a estos interrogantes, los cuales se explican brevemente:

14 al 16 de agosto de 2006. El autor fue galardonado con el Premio Timothy L. Mounts 2006, el cual reconoce los logros en la investigación relacionados con la ciencia, la tecnología, o las aplicaciones de los aceites comestibles o derivados en productos alimenticios.

Tabla 1. Aplicación de la teoría de solución regular

	δ^a	$(\delta_1 - \delta_2)^2$
Tripalmitina	8,3	—
Acetona	9,9	2,6
Hexano	7,3	1,0
Acetona & Hexano (50:50)	8,9	0,4

^a δ , parámetro de solubilidad

Los triglicéridos no forman soluciones ideales con disolventes orgánicos, por tanto, se aplica la teoría de solución regular y el concepto de parámetros de solubilidad. A diferencia de una solución ideal, las soluciones regulares se forman con la absorción de calor ($\Delta H_m > 0$), pero con la misma entropía de mezcla que una solución ideal (cuadro de información para la relación).

En la Tabla 1 se muestra una aplicación de la teoría. La solubilidad observada de tripalmitina en los disolventes está en el orden matemáticamente pronosticado. Se Con frecuencia se dice “igual disuelve a igual”, y si decimos que “igual” significa tener el mismo parámetro de solubilidad, se puede ver que esto es cierto. En la Figura 1 puede apreciarse con más detalle el efecto de mezclar disolventes. Los resultados observados y pronosticados concuerdan bien. Hay un incremento evidente en la solubilidad al adicionar acetona al hexano, aunque la solubilidad en acetona es mucho más baja que en hexano.

En la Tabla 2 se presentan las solubilidades de los triglicéridos en acetona y hexano. Para una fácil comparación, las solubilidades en acetona se establecen iguales a 1. Las solubilidades relativas de la tripalmitina (PPP) y de la oleo-dipalmitina (POP) son casi iguales en acetona y hexano. Por tanto, para el fraccionamiento del aceite de palma, en el que se separa triglicéridos tales como PPP, POP, y POO, el disolvente no tiene casi importancia; pero para la tripalmitina y la trilaurina (LLL), en las cuales los tamaños de las moléculas son muy diferentes, hay una clara diferencia en las solubilidades entre acetona y hexano.

En la Tabla 3 se muestran las solubilidades de un triglicérido y de diglicéridos en acetona y hexano.

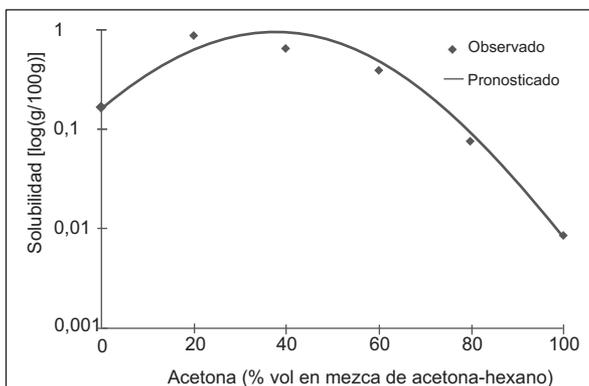


Figura 1. Solubilidad de PPP (tripalmitina) en acetona y hexano.

Tabla 2. Solubilidades relativas de triglicéridos

Glicérido ^a	Acetona	Hexano
PPP	1	35
POP	1	32
LLL	1	5

^a PPP, tripalmitina; POP, triglicérido palmítico-oleico-palmítico; LLL, trilaurina.

Tabla 3. Solubilidades relativas de tri- y diglicéridos

Glicérido ^a	Acetona	Hexano
POP	1	1
P(OH)O	14	0,6
P(OH)P	0,2	0,007

^a Véase Tabla 2 para las abreviaturas

Para una fácil comparación, las solubilidades de POP se establecen iguales a 1. Las solubilidades relativas de los diglicéridos son mucho mayores en acetona que en hexano. Además, los diglicéridos son menos solubles en hexano que POP, así que se cristalizarían con los triglicéridos menos solubles tales como los PPP en la estearina.

Para la decisión final acerca de cuál es el mejor disolvente a utilizar, se debe tener en cuenta otros aspectos, tales como las solubilidades absolutas y la solubilidad mutua de los triglicéridos.

No obstante, se pueden obtener algunas conclusiones de utilidad:

- Para los triglicéridos del aceite de palma, todos los disolventes muestran una selectividad similar

- El hexano es el disolvente preferido cuando el objetivo es producir una buena oleína
- La acetona es el disolvente preferido cuando el objetivo es producir una fracción media rica en POP.

Cuando ningún disolvente es utilizado, la eficiencia de separación de los triglicéridos es intermedia entre la de acetona y de hexano, pero teniendo a ser más como la acetona, por ejemplo, concentrando la mayor parte de los diglicéridos en la oleína. Por tanto, en conjunto, se puede concluir que para el aceite de palma, el fraccionamiento en seco es casi tan efectivo en la separación de los glicéridos deseados como la acetona y el hexano.

Para completar el proceso de fraccionamiento, los triglicéridos sólidos deseados en los cristales deben separarse de los triglicéridos líquidos. Estos triglicéridos líquidos están distribuidos en tres sitios:

- En la solución sólida con los triglicéridos sólidos
- En el volumen de aceite no cristalizado
- En el aceite no cristalizado que está físicamente atrapado o retenido en los cristales.

El tamaño y el tipo de las soluciones sólidas que se forman dependen principalmente del comportamiento de la fase fundamental de la grasa que se está cristalizando, aunque altos grados de superenfriamiento tienden a incrementar el tamaño de la formación de las soluciones sólidas. Como quiera que se logre, una vez que la solución sólida se ha formado, el paso de separación nada puede hacer para cambiar la composición de la fase sólida. El aceite a granel no cristalizado se remueve de los cristales con relativa facilidad, aunque algo de aceite líquido siempre queda como una capa en la superficie. El aceite atrapado es más difícil de remover. El paso de separación debe afrontar el problema de reducir el nivel del aceite atrapado en la fracción sólida final. Se han desarrollado tres métodos para lograr esto:

- Centrifugación, ya sea usando el Lipofrac TM o el proceso Lanza con una solución con detergente para humedecer los cristales en una fase acuosa o usando centrifugas de boquilla "Nozzle"
- Filtración al vacío, usando filtros de tambor o de banda

- Prensado, usando prensas hidráulicas verticales y filtros de tela o prensas automáticas de membrana.

Las prensas de filtro de membrana automáticas son la opción preferida hoy en día para las plantas de fraccionamiento en seco nuevas.

En la Tabla 4, se compara el fraccionamiento con acetona, como un ejemplo de la mejor separación posible, con lo que mejor se puede lograr con fraccionamiento en seco, usando prensas de membrana con alta presión y delgado espesor de cámara. En el fraccionamiento en seco, las prensas de membrana más recientes han logrado un descenso significativo en el nivel de retención (*entrainment*), de más de 60% en plantas anteriores a 30%, pero todavía queda mucho camino por recorrer para igualar la retención, de casi cero, del fraccionamiento con disolvente. Con el tipo de prensa de membrana actual es difícil entender cómo el nivel de retención podría disminuirse aún más.

Entonces, ¿qué podría ser posible en el futuro para mejorar aún más el proceso de fraccionamiento? Hay tres posibilidades que vale la pena tener en consideración:

- Cristalización contracorriente
- Separación mejorada usando nuevas tecnologías
- Reconsiderar los disolventes.

La cristalización contracorriente se aplica comúnmente en la industria química, pero todavía no ha sido usada para los aceites y grasas debido a su cristalización lenta y mínima separación de fases sólido-líquido. Sin embargo, con las eficiencias de separación mejoradas ya disponibles, los investigadores de Unilever reconsideraron el proceso. Al usar un proceso en contracorriente de dos etapas y para el mismo rendimiento de estearina, ellos pudieron mejorar la

relación de triglicéridos saturados (SSS) a disaturados (S2O) en la estearina, de 1.35 a 1.80 comparado con un proceso en serie de dos etapas convencional, con lo cual se obtuvo una mejoría significativa en la eficiencia de separación. Los SSS son particularmente deseables para usarse en las bases interesterificadas de las fórmulas de mezclas cero trans.

Los beneficios de reducir el espesor de cámara e incrementar la presión en las prensas están claros, pero las prensas convencionales probablemente no pueden lograr mejores resultados. Una manera de alcanzar presiones más altas y espesores de cámara más pequeños podría ser prensar entre rodillos con una reducción continua de espesor, como en los procesos de extracción. Entonces, podrían obtenerse presiones mayores de 100 bar con espesores de cámara de 1mm. Una presión pulsante podría permitir que los cristales se relajen y que exude más líquido, así como cuando se exprime una esponja; siempre es mejor exprimir y luego aflojar la presión antes de exprimir nuevamente con el fin de obtener el máximo de líquido.

Por ultimo, ¿se deben reconsiderar los disolventes? Los costos son altos debido a su inflamabilidad y a la necesidad de redestilarlos para su reutilización. La gran ventaja del disolvente es su capacidad para lavar los cristales. Para limitar los costos del disolvente podría tal vez utilizarse solamente para lavar los cristales después que el fraccionamiento en seco ha hecho lo mejor posible? El CO₂ supercrítico se ha investigado en el laboratorio, pero, ¿tiene potencial comercial? Los ésteres metílicos, hoy día, son fáciles de conseguir como biodiésel y pueden removerse con facilidad en el desodorizador. ¿Quizás existen todavía algunos solventes inflamables que no han sido completamente evaluados?

Tabla 4. Comparación entre la cristalización con disolvente y la mejor tecnología del fraccionamiento en seco

Año	Compañía	Proceso	Rendimiento (%)	IV de estearina	Aceite atrapado (% de estearina)
A mediados de la década de 1960	Unilever	Cristalizador continuo de tubo con cetona + filtro de banda + lavado con disolvente puro	10–11	~8	~5
2000	Desmet	Cristalizador Batch en seco + prensa filtro de membrana (25 mm espesor de cámara & 30 bar presión de exprimido)	~17	~32	~30



Se ha visto que el fraccionamiento en seco es capaz de una eficiencia de separación similar a la del fraccionamiento con disolventes, pero también, que el proceso práctico de fraccionamiento en seco está limitado por el problema de separar las fases sólidas y líquidas. Para mejorar aún más el proceso, los desarrollos futuros deben tener en cuenta la cristalización contracorriente y fundamentalmente las nuevas técnicas de separación y deben reconsiderar el uso de disolventes. El fraccionamiento ha avanzado mucho en los últimos cincuenta años, pero el proceso se puede mejorar aún más.

Ralph Timms, junto con tres colegas, fundaron Britannia Food Ingredients, la cual es hoy un proveedor europeo muy importante de manteca de cacao, equivalentes a la manteca de cacao y otras grasas especializadas. Se le puede contactar por correo electrónico en ralph@timms1.net

Cuadro de información

$$\text{Energía de mezcla} = \Delta H_m = V_m (d_1 - d_2) \phi_1 \phi_2$$

donde:

V_m = volumen molar medio de la solución

δ_1, δ_2 = parámetros de solubilidad de cada componente

$\bar{\delta}_1, \bar{\delta}_2$ = fracciones de volumen de los dos componentes

La energía de mezcla es, por tanto, proporcional al cuadrado de la diferencia de los parámetros de solubilidad del triglicérido y del disolvente. Los parámetros de solubilidad son ampliamente usados en la industria química y están disponibles en tablas. También le adicionamos una entropía de mezcla ($DS_m > 0$), porque los triglicéridos y los disolventes orgánicos comunes son muy diferentes en tamaño.

Pauta 9

BANCO AGRARIO