

## ¿Sabe cómo procesar su aceite de palma alto oleico?

Editado por Fedepalma con base en la presentación realizada durante el Gran Taller de Alto Oleico, realizado en el marco del LI Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite



**VERONIQUE GIBON**

Science Manager de Desmet  
Ballestra Group

**Juan Esteban Correa, moderador.** Continuamos con la siguiente presentación bastante interesante también. Nos acompaña de forma virtual la doctora Veronique Gibon. Veronique es gerente de Ciencias de la empresa Desmet en Bélgica. Realizó un doctorado en Química, en la especialidad Química Física y Cristalografía de la Universidad de Namur en Bélgica. Para su grado realizó una tesis con las propiedades de cristalización de los triglicéridos del aceite de palma. Veronique comenzó su carrera como profesora de la Universidad de Namur. Tuvo varios proyectos a cargo, especialmente en cristalización de la grasa. En 1995 fue contratada como gerente de investigación y desarrollo por la empresa de ingeniería de aceites Fractionnement Tirtiaux. En 2005 se vinculó en Desmet en Zaventem (Bélgica) en su departamento de investigación y desarrollo; posteriormente ocupó el cargo en el que se desempeña actualmente. También es colaboradora química del departamento de ciencias y alimentos de la Universidad de Lieja en Bélgica y desde hace muchos años es miembro de AOCS, que es la Sociedad Americana de Químicos de Aceites.

**Veronique Gibon.** Con ustedes desde Bélgica. Mi presentación se va a enfocar en el refinado y la mo-

dificación que puede realizarse al aceite de palma alto oleico.

Comparado con el aceite de palma *Elaeis Guineensis*, el aceite de palma alto oleico tiene una composición de triglicéridos diferente con menos ácido palmítico y más ácido oleico. Tiene un alto valor de yodo, un punto de fusión más bajo, un perfil de fusión más suave y un punto de nube más bajo.

El aceite de palma crudo alto oleico comparativamente con el *Elaeis guineensis*, por lo general, tiene un contenido más bajo de ácidos grasos libres (FFA) y menos diglicéridos (DAG); tiene un contenido más alto de tocoferoles y tocotrienoles, más esteroides y doble contenido de caroteno; también posee un alto DOBI (Índice de Deterioro del Blanqueo) y es una fuente natural de antioxidantes y vitaminas.

En la Figura 1 se presenta el ejemplo de un aceite crudo con bajo contenido de ácidos grasos, con un bajo contenido de diglicéridos, alto contenido de betacaroteno y un alto DOBI, altas cantidades de tocoferoles y tocotrienoles y esteroides, y una excelente estabilidad oxidativa.

**Figura 1.** Aceite de palma alto oleico crudo.

Aceite de palma alto oleico crudo	
Ácidos grasos libres (FFA) (% como C16:0)	2,1
Diglicéridos (% por HPLC)	4,2
Betacaroteno (ppm)	768
DOBI	2,8
Tocoferoles/tocotrienoles (ppm)	931
Ésteres de esteroles (ppm)	678
Índice de Estabilidad Oxidativa (OSI) (horas en 97,8 °C)	70,8

Las propiedades organolépticas y estabilidad son las condiciones básicas y necesarias de un aceite adecuadamente refinado. Las características que indican que un aceite ha sido bien refinado son: insipidez, ausencia de olor y que sea de color claro brillante.

Una estabilidad a largo plazo representa una buena estabilidad oxidativa y en condiciones de frío, y una larga vida útil. En cuanto a calidad nutricional y seguridad alimentaria, un aceite idealmente debe tener un bajo contenido trans, una composición controlada de tocoferoles y esteroides, una baja degradación de grasas y polimerización, remover contaminantes ambientales y producir bajas cantidades de contaminantes inducidos.

## Opciones de refinado

Para el aceite de palma, las opciones son el refinado físico y el refinado químico. El refinado químico pasa por una etapa de neutralización de ácidos grasos libres con soda cáustica, mientras que, durante el refinado físico, los ácidos grasos libres son destilados a una alta temperatura durante el proceso de desodorización. Con el refinado físico, las pérdidas de aceite neutrales son más bajas, su relación costo-eficiencia es mejor y, generalmente, es la ruta preferida. El refinado químico es útil para aplicaciones especiales o para algunas razones específicas, y es más económico con un contenido de ácidos grasos por debajo del 2 % (Figura 2).

Los contaminantes inducidos 3-MCPD y GE (siglas en inglés de ésteres glicídicos o ésteres de glicidilo) son característicos del aceite de palma. Los contaminantes inducidos en el proceso son sustancias químicas que han sido agregadas de manera no intencional a los alimentos; estos se forman durante los pasos de procesamiento de alimentos.

La toxicidad, los precursores, los mecanismos de formación, la etapa de formación crítica y estabilidad de 3-MCPD y GE son completamente diferentes. Los precursores de 3-MCPD son componentes de cloro mientras que los de GE son diglicéridos. Por ejemplo, el desgomado y el blanqueo son etapas críticas para estos contaminantes 3-MCPD, que se forman durante la desodorización y los GE también se generan solamente durante la desodorización; por esta razón, las estrategias de mitigación son diferentes (Figura 3).

**Figura 2.** Opciones de refinado para el aceite de palma.



**Figura 3.** Contaminantes inducidos: 3-MCPD y GE.

	3-MCPD	Ésteres glicidílicos (GE)
Toxicidad	Carcinógeno	Carcinógeno y genotóxico
Precusores	Cloro y condiciones ácidas	Diglicéridos y calor
Mecanismo de formación	Sustitución nucleófila desde 140 °C	Reacción radical (> 230 °C)
Etapas de formación crítica	Desgomado y blanqueo, pero formado durante la desodorización	Desodorización/desacidificación
Estabilidad	No volátil/difícil de degradar	Volátil/puede convertirse con ácido fuerte

Las soluciones técnicas para un bajo 3-MCPD en el aceite de palma alto oleico refinado están atadas a la calidad del aceite crudo y al bajo contenido de precursores de cloro. La mayoría de los aceites de palma refinados tienen de 0,5 a 1,5 ppm del contaminante 3-MCPD. Todas las pérdidas de aceite pueden reducirse con la tecnología de nanoneutralización, que permite menos consumo de ácido y de cáustica, y no requiere un poslavado después de la neutralización.

El refinado físico es más desafiante. Un lavado eficiente del aceite de palma alto oleico fresco en la extractora o en la planta ayuda a optimizar las condiciones de blanqueo, incluyendo el tipo de tierra de blanqueo y las condiciones del mismo, además de la posibilidad de usar más de un absorbente con algunos ajustes en el pH.

Por otra parte, las soluciones técnicas para un mapa bajo GE en el aceite de palma alto oleico refinado consta de dos opciones: la primera es minimizar

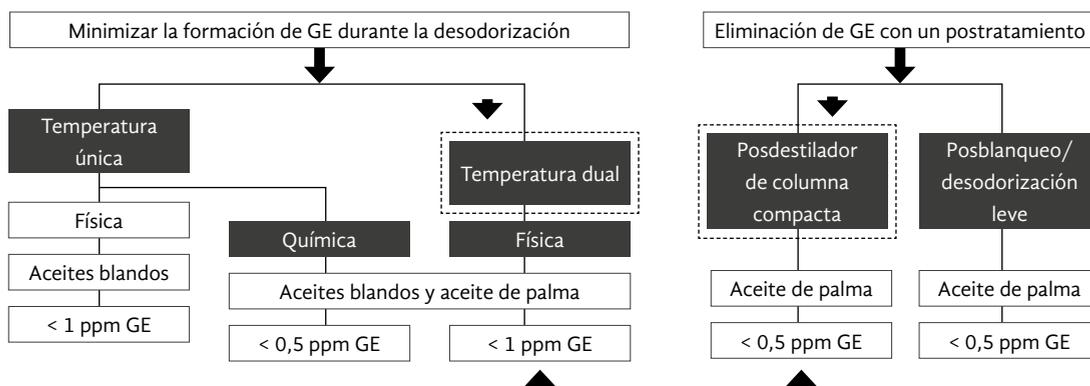
la formación de GE durante la desodorización y la segunda es remover los que se generen mediante un postratamiento. Las rutas son diferentes.

El refinado químico de aceite de palma implementado a una sola temperatura de desodorización es capaz de minimizar el contenido de GE por debajo de 0,5 ppm. El refinado físico, por su parte, llevado a cabo a una temperatura dual puede reducir el contenido de GE por debajo de 1 ppm.

La remoción de GE puede hacerse mediante la integración de un posdestilador de columna compacta o mediante un doble refinado con un posblanqueo y una posdesodorización leve; ambas opciones producen aceite de palma con menos de 0,5 ppm de GE (Figura 4).

Esta temperatura dual o este destilador postintegrado depende del contenido final de la calidad del aceite crudo.

**Figura 4.** Soluciones técnicas para un bajo GE en el aceite de palma alto oleico refinado.





## Refinado químico: aceite de palma alto oleico rojo

El bajo contenido de ácidos grasos libres y el alto DOBI hace que el aceite de palma alto oleico sea un buen candidato para producir aceites rojos refinados con el proceso químico. El tratamiento alcalino de neutralización purifica el aceite de palma alto oleico de manera tan efectiva que puede ser tratado con pequeñas cantidades de tierras de blanqueo neutrales o sílice.

La acción de limpieza de la neutralización está limitada principalmente a la remoción de fósforo mientras que los carotenoides no se ven afectados. La desodorización se lleva a cabo a una temperatura relativamente baja y se realiza con el uso de un vacío eficiente, lo que permite mantener un máximo de carotenoides y tocoferoles/tocotrienoles en el aceite rojo refinado.

El aceite de palma alto oleico o sus fracciones obtenidas a través de un refinado especial, usualmente mediante el fraccionamiento seco, están enriquecidos con betacarotenos, los cuales son precursores de la vitamina A, y tocoferoles y tocotrienoles, compuestos de la vitamina E. Algunos de estos productos ya se encuentran en el mercado, como el Nutrolein Exclusive y Royal producido en el Sudeste Asiático, y el aceite Sioma producido en Ecuador.

## Tecnologías para modificar el aceite de palma alto oleico

Los métodos de modificación del aceite de palma alto oleico son la interesterificación, el fraccionamiento y la hidrogenación. Durante esta presentación no vamos a ahondar en la hidrogenación, debido a los isómeros trans y al alto contenido de ácidos grasos saturados que genera, los cuales son perjudiciales para la salud.

La interesterificación puede ser enzimática o química y consiste en la redistribución de los ácidos grasos en el glicerol. El fraccionamiento, por su parte, más precisamente el fraccionamiento seco, es un proceso físico que consiste en la redistribución de los triglicéridos mediante la cristalización.

**Fraccionamiento seco.** Es un proceso físico que no usa solventes o químicos, que consiste en la cristalización del punto de fusión más alto de los triglicéridos seguidos por la separación. En la práctica, la sección de cristalización se hace con cristalizadores que pueden operar en lote o de modo continuo. La separación entre los cristales formados y el aceite líquido es posible mediante un filtro de prensa membrana, que opera a unas presiones de exprimido entre 6 y 30 bares, dependiendo de las aplicaciones (Figura 7).

Figura 7. Fraccionamiento seco.

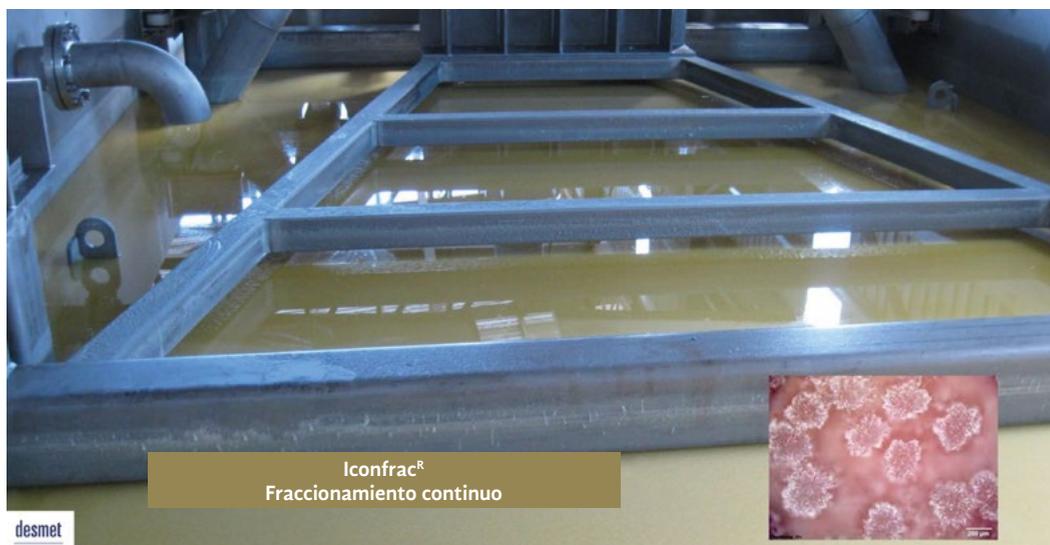


En la Figura 8 tenemos una operación de un cristallizador que funciona de manera continua: el Iconfrac, desarrollado por Desmet. El aceite fusionado es vaciado en una masa que ya está cristalizada y es bombeada sin interrupción, ya sea a un segundo cristallizador o directamente al filtro de prensa membrana.

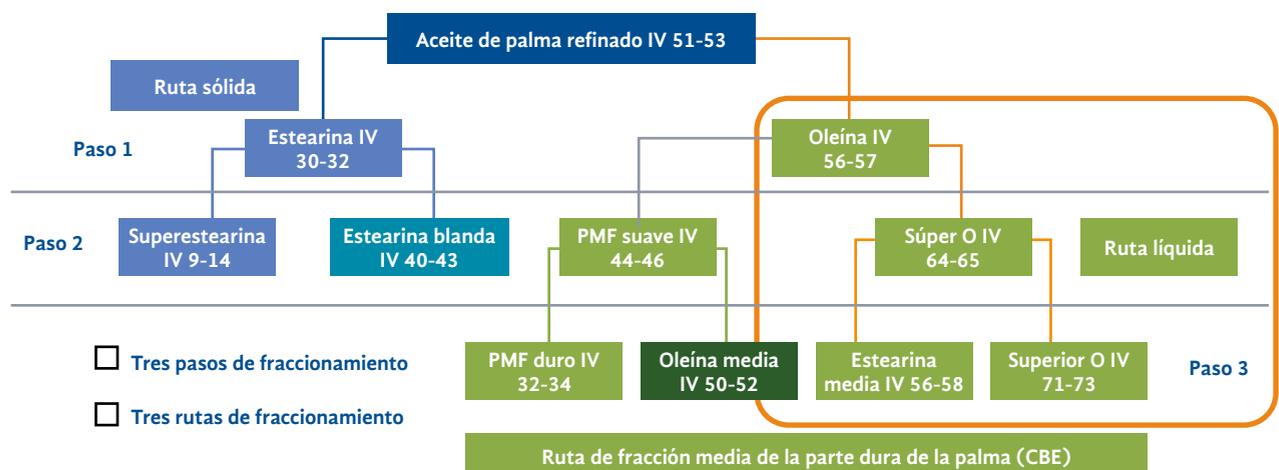
El fraccionamiento seco del aceite de palma refinado puede ser un proceso de múltiples pasos,

con tres pasos de fraccionamiento y tres rutas de fraccionamiento: la ruta sólida para la estearina, la ruta líquida para la oleína y la ruta de fracción media para la parte dura de la palma, similar a la manteca de cacao. Debido a la composición específica bajo PPP, bajo POP y alto POO, el aceite de palma alto oleico tiene mayor potencial para la ruta líquida (Figura 9).

**Figura 8.** Cristalización de modo continuo.



**Figura 9.** Fraccionamiento seco en varios pasos del aceite de palma *Elaeis guineensis* refinado.

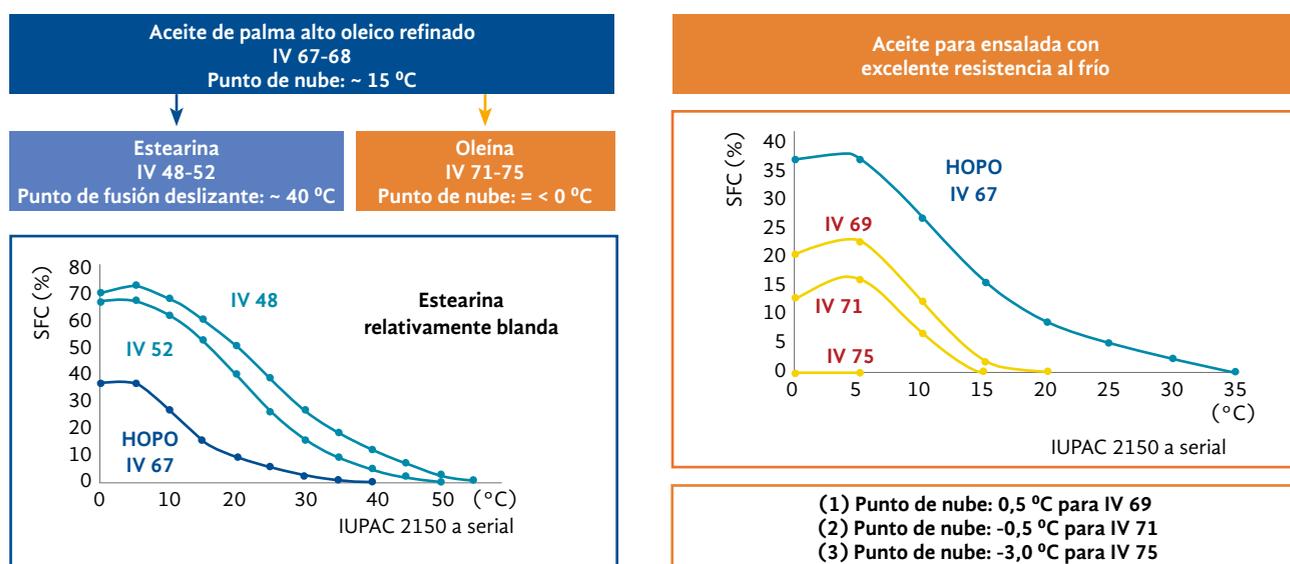


El ejemplo presentado en la Figura 10 muestra el primer paso del fraccionamiento de un aceite de palma alto oleico refinado con un valor de yodo de 67-68 y un punto de nube de aproximadamente 15 °C. Después del fraccionamiento seco es posible obtener más de 85 % de oleína con un valor de yodo de 69 a 75 y un punto de nube cercano a 0 °C. Un punto de nube de oleína a menos de 3 °C también puede obtenerse a través de un solo paso. Esta oleína puede ser utilizada como aceite para ensaladas con una resistencia

excelente al frío; sin embargo, la estearina producida puede ser relativamente suave.

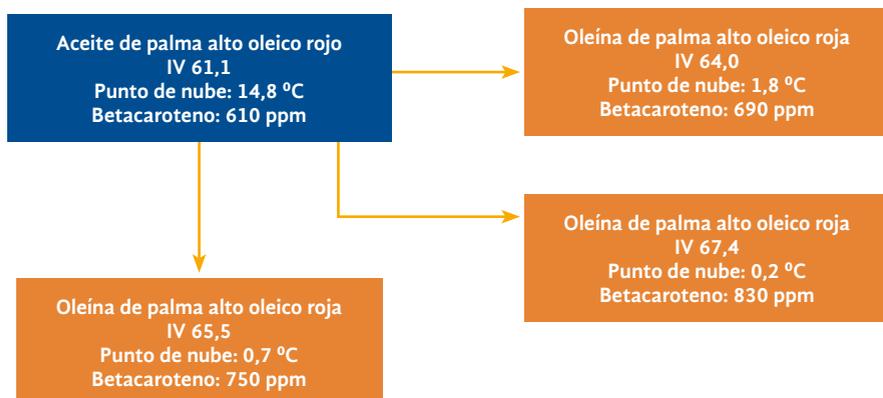
Otro ejemplo (Figura 11) muestra el primer paso de fraccionamiento de un aceite de palma alto oleico rojo con un valor de yodo de 61,1, un punto de nube de 14,8 °C y 610 ppm de betacaroteno. Después del fraccionamiento seco a diferentes temperaturas, pueden obtenerse diferentes oleínas rojas resistentes al frío con alto contenido de caroteno y de vitamina a un rendimiento relativamente alto.

**Figura 10.** Primer paso del fraccionamiento seco del aceite de palma alto oleico refinado.



**Figura 11.** Fraccionamiento seco de aceite de palma alto oleico rojo.

Acetate de palma alto oleico rojo: un solo paso



**Interesterificación.** Es una posición modificada de los ácidos grasos en el glicerol. Es un proceso catalítico que se puede realizar utilizando un químico o una enzima. Con el proceso químico se obtiene una distribución aleatoria de los ácidos grasos en el glicerol. El proceso enzimático puede ser aleatorio regio específico, dependiendo de la enzima utilizada.

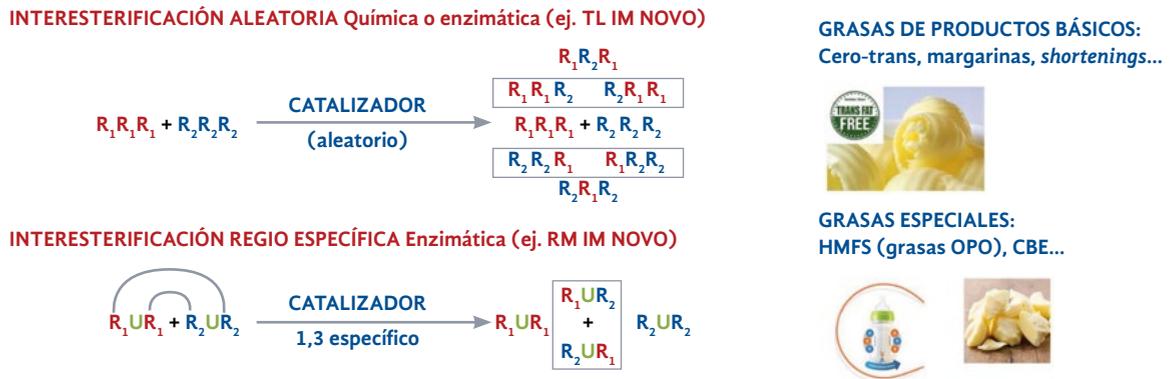
En términos generales, la interesterificación aleatoria se aplica para la producción de margarinas cero trans, de *shortening* o de productos para esparcir. La interesterificación regio específica se aplica especialmente a grasas, como grasas lácteas utilizadas por humanos o equivalentes a la manteca de cacao (Figura 12).

El metilato de sodio es el catalizador más utilizado en la interesterificación química (CIE). Es un polvo que generalmente se mezcla con el aceite antes de la

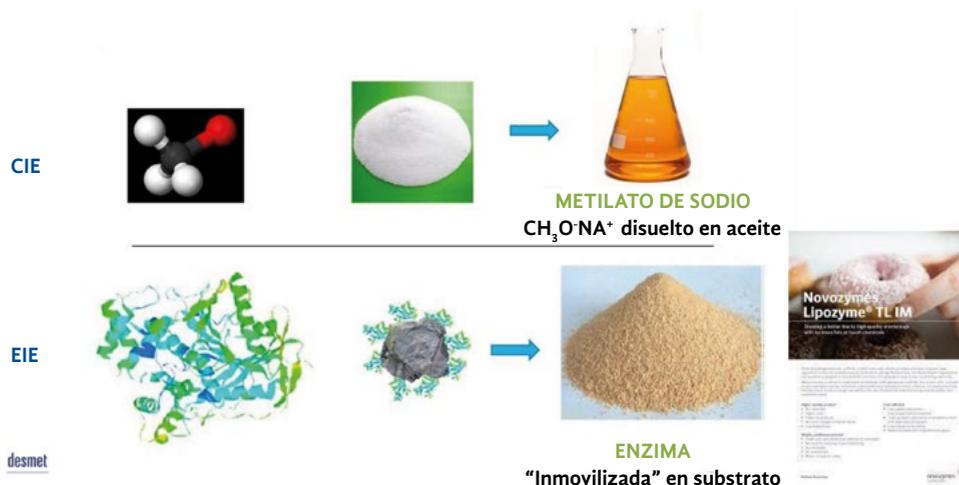
adición. La interesterificación enzimática (EIE) emplea una enzima inmovilizada en un sustrato. TL IM es una enzima que es producida por *Novozymes* inmovilizada en sílice (Figura 13).

La interesterificación química es preferiblemente un proceso de lote, mientras que la interesterificación enzimática es más que todo un proceso continuo. La interesterificación química permite una baja contaminación cruzada entre los diferentes lotes de producción y es un enfoque interesante en el caso de grandes números de diferentes materias primas. La interesterificación enzimática es un diseño *plug-flow*, que muestra algo de contaminación cruzada y, por lo tanto, es menos aconsejable en caso de cambios frecuentes de materia prima; es más pertinente para grandes cantidades de aceites (Figura 14).

**Figura 12.** Interesterificación química o enzimática/aleatoria o regio específico.

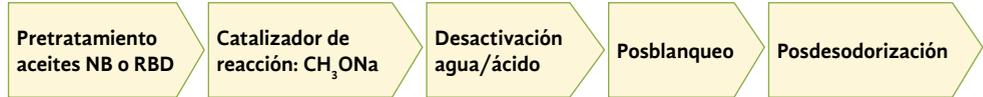


**Figura 13.** Catalizador empleado en la interesterificación aleatoria.



**Figura 14.** Mejores aplicaciones para la interesterificación química y la interesterificación enzimática.

**LA INTERESTERIFICACIÓN QUÍMICA ES PREFERIBLEMENTE UN PROCESO POR LOTES**



- Baja contaminación cruzada entre diferentes materias primas
- Producción de (gran) número de (pequeños) lotes

**LA INTERESTERIFICACIÓN ENZIMÁTICA ES PREFERIBLEMENTE UN PROCESO CONTINUO**

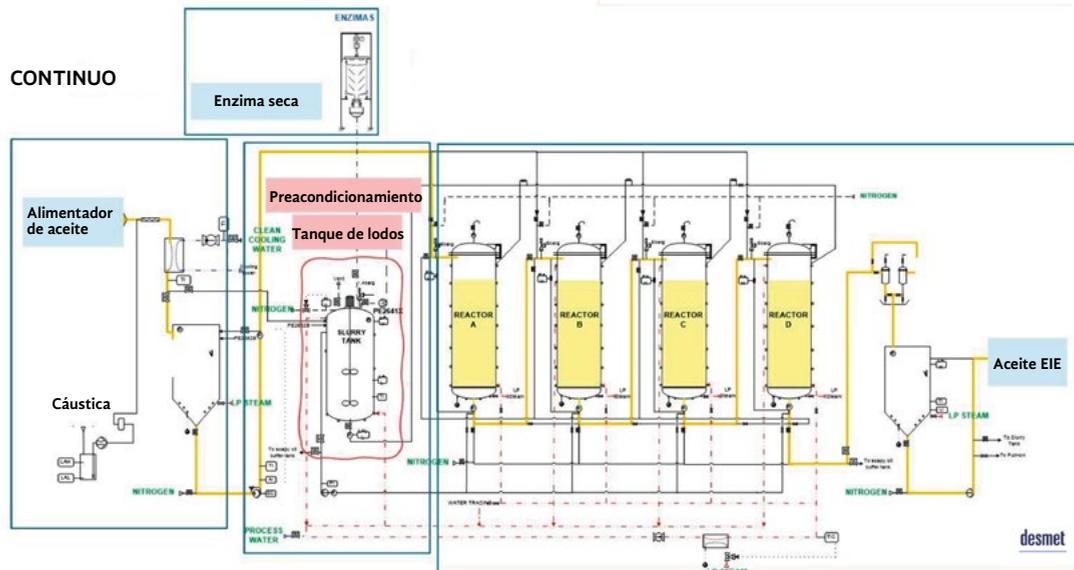


- Diseño de flujo conector con cierta contaminación cruzada limitada
- Menos adecuado en el caso de muchas materias primas
- Más adecuado para grandes lotes de aceite

En la Figura 15 se presenta un diagrama de flujo de una planta de interesterificación enzimática que opera de manera continua y contra corriente, y que utiliza la enzima TL IM inmovilizada. La enzima seca está precondicionada en un tanque de lodos antes de

llenar los reactores de interesterificación. Después de llenar los reactores con la enzima húmeda, el aceite fluye desde la parte superior a la interior, en la cama fija, y deja la serie de reactores que están totalmente interesterificados.

**Figura 15.** Diagrama de flujo de una planta de interesterificación enzimática que utiliza TL IM.



En la Figura 16 hay diferentes ejemplos de plantas de interesterificación. Una instalación consiste en cuatro a seis reactores llenos con 250 a 1.000 kilogramos de enzima seca. La configuración está diseñada de acuerdo con las necesidades del cliente.

Comparativamente con la interesterificación química (CIE), la interesterificación enzimática (EIE) es un enfoque mucho más sostenible. Es un proceso simple, limpio y seguro que utiliza un biocatalizador; opera a una temperatura relativamente baja; las pérdidas de aceite se ven reducidas y la inversión de capital es baja. Por otro lado, la interesterificación química utiliza un catalizador químico riesgoso (metilato de sodio), por lo que requiere un manejo seguro; la temperatura de procesamiento es relativamente alta y las pérdidas de aceite y de efluentes son significativamente importantes.

## Un proceso a escala de laboratorio

Las siguientes gráficas muestran un escenario de interesterificación a escala de laboratorio de aceite de palma puro o en mezclas. Las gráficas de la Figura 17-a representan el perfil de contenido de grasa sólida de aceite de palma alto oleico antes y después de la interesterificación química y enzimática. El aceite

de palma alto oleico interesterificado luego se compara con el aceite de palma. En las pruebas se obtuvieron perfiles de fusión de contenido de grasa sólida muy similares con ambas interesterificaciones: la química y la enzimática.

El contenido de grasa sólida es su perfil de fusión de interesterificación en el aceite de palma alto oleico que aparece de color verde; está por encima de 5 °C. El contenido de grasa sólida y su perfil de fusión de interesterificación en el aceite de palma alto oleico es más suave comparado con el aceite de palma *Elaeis guineensis* que aparece en rojo.

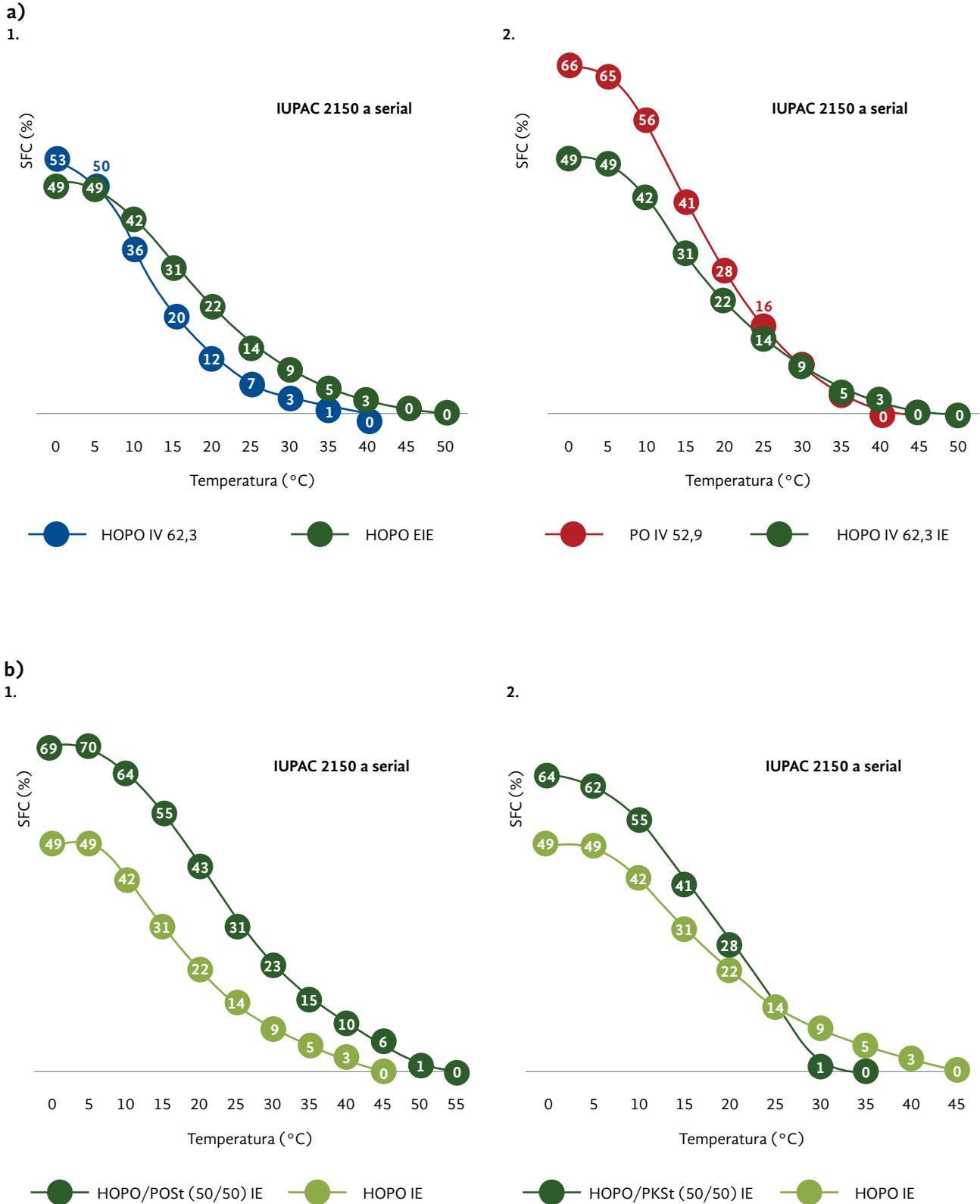
Las gráficas de la Figura 17-b representan los casos de mezclas 50/50 de aceite de palma alto oleico y estearina de palma *Elaeis guineensis*, y la de aceite de palma alto oleico y estearina de palmiste. La mezcla interesterificada de aceite de palma alto oleico y la estearina de palma *Elaeis guineensis* aumenta la dureza y el punto de fusión; la segunda mezcla interesterificada aumenta la dureza, pero disminuye el punto de fusión.

Finalmente, en las gráficas de la Figura 17-c, la estearina de palma alto oleico que aparece en azul da un perfil de fusión más duro que el del aceite de palma *Elaeis guineensis* que es el que aparece de color rojo.

**Figura 16.** Plantas de interesterificación enzimática.

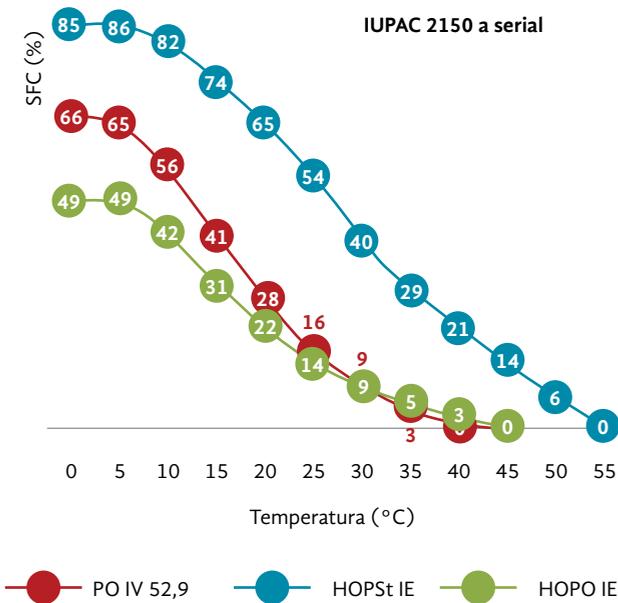


**Figura 17.** Interesterificación de aceite de palma alto oleico en un escenario de escala de laboratorio.

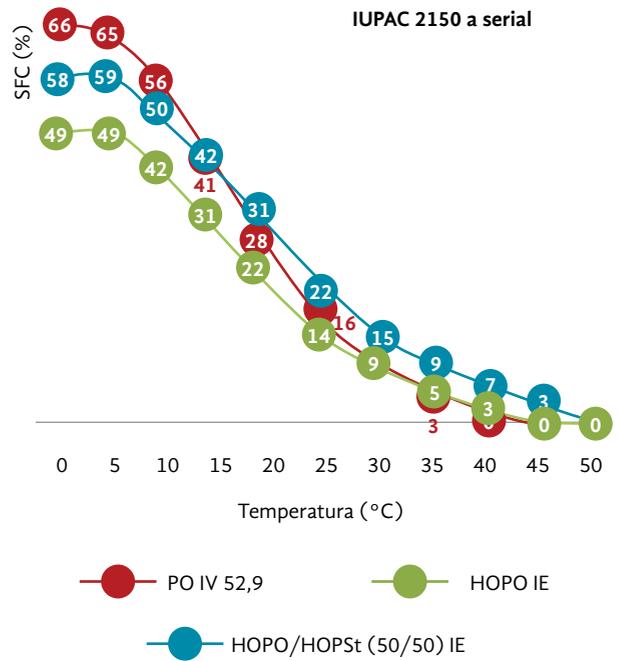


c)

1.



2.



Una mezcla de interesterificación de 50/50 de aceite de palma alto oleico y una estearina de palma oleica, que aparece en azul, da un perfil de fusión cercano al del aceite de palma *Elaeis guineensis* que se indica de color rojo.

## Conclusiones

**Aceite de palma alto oleico.** Tiene un alto valor de yodo, un perfil de fusión suave, un bajo punto de fusión. Generalmente, el aceite crudo tiene un bajo contenido de ácidos grasos libres, bajo contenido de diglicéridos y un DOBI alto; tiene altas cantidades de vitaminas, como betacaroteno y tocoferoles, tocotrienoles y también, normalmente, tiene un bajo contenido de cloro.

**Refinación.** Tanto la refinación física como la química son opciones. El bajo contenido de diglicéridos y de yodo es posible, inclusive con una refinación estándar. El bajo contenido de diglicéridos permite baja formación de GE. En el refinado físico, la temperatura dual puede llegar a menos de 1 ppm de GE y el pos-

destilador integrado garantiza menos de 0,5 ppm de GE. En el refinado químico se logra fácilmente menos de 0,5 ppm de GE. El refinado químico especial es utilizado para los aceites rojos.

**Fraccionamiento seco.** Si se emplea el fraccionamiento seco, el aceite de palma alto oleico es un buen candidato para la ruta líquida, oleína y superoleína de alta estabilidad en frío con un solo paso. Las fracciones de estearina son relativamente suaves. El aceite alto oleico puede fraccionarse como rojo después de un refinado químico especial. Y las fracciones sólidas y líquidas producidas son enriquecidas en betacaroteno, tocoferoles y tocotrienoles.

**Interesterificación.** Si se usa la interesterificación, tanto las esterificaciones químicas como las enzimáticas son opciones. La interesterificación química es un proceso en lote y la interesterificación enzimática es un proceso continuo. El proceso enzimático es un enfoque más sostenible. En cuanto a productos, existen diferentes opciones para endurecer el perfil de fusión del aceite de palma alto oleico.

Muchas gracias por su atención.