

# Interesterificación enzimática: Ventajas en el proceso y beneficios para los productos

## Enzymatic Interesterification: Advantages for the Process and Benefits for the Products

Luis A. Volpato<sup>1</sup>

### Resumen

Las grasas vegetales con propiedades de derretimiento diseñadas específicamente se utilizan en muchas aplicaciones alimentarias como margarina, grasas para panadería y rellenos para confitería. La tecnología tradicional se basa en la modificación de aceites vegetales mediante un proceso de hidrogenación. Publicaciones indican que la presencia de transisómeros aumentan el riesgo de enfermedades coronarias si determinados niveles son consumidos rutinariamente. Esto ha generado interés en el desarrollo de grasas con propiedades plásticas adecuadas a aplicaciones en *shortenings* y margarinas porque las características de fusión y solidificación de las grasas vegetales hidrogenadas se deben primariamente a los transisómeros. La única alternativa para obtener resultados comparables es la interesterificación de mezclas de aceites líquidos (no hidrogenados) con aceites totalmente hidrogenados. La interesterificación química mediante la que los componentes de aceite y grasa se mezclan y reaccionan por medio de un catalizador químico (metilato de sodio). La interesterificación se consigue también por medio de las lipasas inmovilizadas. La interesterificación química se utiliza desde hace 50 años en nuestra industria. La interesterificación enzimática podrá ser un avance importante, porque es un proceso simple, con bajo costo de inversión, no hay producción de transisómeros, ningún producto químico es utilizado, existe la posibilidad de trabajar continuamente y el costo de proceso es comparable a lo químico.

### Summary

Specifically designed vegetable fats with melting properties are used in many food applications, such as margarine, bakery fats and confectionery fillings. The traditional technology is based on the modification of vegetable oils by means of a hydrogenation process. Publications indicate that the presence of trans-isomers increase the risk of coronary diseases, if certain levels are habitually consumed. This has generated interest in the development of fats with plastic properties adapted to applications in shortenings and margarines because the merging and solidification characteristics of the hydrogenated vegetable fats are primarily due to the trans-isomers. The only alternative in order to obtain comparable results is

### Palabras Clave

Oleoquímica,  
Aceites vegetales,  
Hidrogenación,  
Esterificación química,  
Esterificación enzimática

1 . Inició actividades en Novozymes Latinoamérica en febrero de 2003 como supervisor de ventas técnicas, encargado de las aplicaciones enzimáticas para las industrias de aceites y grasas en Latinoamérica. En la actualidad, es supervisor de producción en las plantas de refinamiento de aceites comestibles y de hidrogenación, interesterificación físico químico de fluentes, pozos de hidrógeno y producción de margarinas.

Nota: Editado por Fedepalma.

the interesterification of liquid oil mixtures (non hydrogenated) with totally hydrogenated oils; the chemical interesterification by means of which the oil and fat components are mixed and react through a chemical catalyzer (sodium methylate). The interesterification can also be done through the immobilized lipases. Chemical interesterification has been used for the past 50 years in our industry. Enzymatic interesterification can be an important advance because it is a simple process with low investment cost, there is no production of trans-isomers, no chemical product is used, there is a possibility of working continuously and the cost of the process is comparable to the chemical process.

## La empresa Novozymes

Novozymes es un *holding* al cual pertenece Novorordisk, una empresa que está en el mercado europeo desde 1912. Está dividida en una sección farmacéutica que es Novorordisk para la producción de insulina, y Novozymes que es la productora de enzimas tanto de grado técnico como alimenticio. Es creadora del mercado y líder mundial en enzimas industriales con 43% de la participación del mercado mundial de producción de enzimas.

Es usual que 40% del precio de una enzima constituye toda la etapa de investigación y desarrollo. Al año tres enzimas nuevas son lanzadas en el mercado, para lo cual los expertos de Novozymes, en la casa matriz en Dinamarca, están en búsqueda de soluciones para nuevos procesos que no existen a escala industrial. Una vez lanzada una enzima se busca la etapa industrial para la aplicación de la misma.

La experiencia de Novozymes en biotecnología y las ganancias de flujo de caja expresadas con la producción de enzimas indican que actualmente existen más de cuatro mil enzimas que son tecnologías ecológicamente correctas.

Novozymes produce enzimas en cuatro lugares del mundo. La matriz y mayor productora en el mundo está en Copenhague, Calumberg, Dinamarca. Hay una fábrica de producción en Frankhington, Estados Unidos. Otra en Araucaria, Paraná (Brasil) y una más en Hong Kong (China). También cuenta con varias oficinas de ventas, investigación y desarrollo alrededor del planeta. Hoy América Latina representa 9% en distribución.

Las enzimas son utilizadas en una gran variedad de procesos y productos. Por ser tecnologías ecológicamente correctas son biocatalizadores que economizan agua, energía, productos químicos y fluentes.

Una de las aplicaciones enzimáticas actuales, de grado técnico, es la producción de detergentes. Un 41% de la distribución técnica neta de enzimas está aplicada a detergentes, como es el caso de clientes mayores como Procter & Gamble y Unilever; 26% es aplicada a productos alimenticios, industria cervecera, jugos, vinos, alcohol, panificación y almidón para la producción de fructosa para gaseosas; y en grado técnico se utiliza para elaborar papel y para reemplazar el *stone wash* o el lavado con piedra.

La aplicación de las enzimas en la elaboración de aceites y grasas lleva aproximadamente siete años. Para desengomado se aplican unas enzimas llamadas licitaza y fosfolitaza. Hace cerca de tres años se inició la interesterificación con la enzima que llamada Liposina TLM, que hoy es aplicada en Japón por KRM para la producción del aceite en oba o en oca.

## Maneras de cambiar propiedades de punto de fusión en aceites y grasas comestibles

La base para margarinas y grasas especiales puede ser producida industrialmente de cinco maneras: ablandaje de aceites de grasas; fraccionamiento; hidrogenación de aceites líquidos por medio de un catalizador de níquel para producir transisómeros con la hidrogenación parcial; interesterificación química de aceites y grasas con metilato de sodio. Este último tratamiento es peligroso y requiere neutralización con ácido cítrico por la formación de color y blanqueamiento con tierra activada debido a la formación de jabón.

Y por último, a través de la interesterificación de aceites y grasas con lipazas (catalizador), se pueden hacer productos comparables sin transisómeros con un simple y seguro proceso de reemplazo de metilato de sodio. Ésta es la

enzima que se utiliza actualmente porque hace tres años se empezó el proceso con Liposina TLM, pero no era comparable con el proceso químico y era muy costoso. Entonces fue necesario un cambio en el tipo de inmovilización de la enzima de resina parasilica hasta que se llegó a un producto mucho más barato y con costos equivalentes a los del proceso químico.

La enzima Liposina TLM tiene un tamaño de partícula desde 300 hasta 1.000 micrómetros, su densidad es de 0,42 gr/ml, se comporta estable o inactivada a temperaturas altas de 75 grados celsius y tiene certificación Kosher y Halal para el mercado.

### Ventajas y proceso de la interesterificación enzimática

La interesterificación enzimática es un proceso simple comparado con el proceso químico, puesto que reduce las etapas de seis a tres (Figura 1). También es más segura debido a que requiere baja temperatura y ningún metóxido o niquelato de sodio (un catalizador muy peligroso de manipular debido a que su contacto con el agua produce reacción exotérmica y expansión del calor).

Además la interesterificación no necesita lavado porque no hay formación de jabón ni blanqueamiento ya que no hay producción de color con el proceso enzimático, y las pérdidas de aceite son menores porque se opera con reactor de lecho fijo, no es un proceso *batch*. Y lo más importante es que a través de ella no hay formación de ningún ácido graso *trans* como en la hidrogenación parcial.

En la interesterificación enzimática es necesario un secado del aceite o de la base, por eso es muy importante el control de la humedad de la base que no puede superar 0,05% porque el agua va a destruir la inmovilización. El proceso químico también requiere secado porque el metilato de sodio reacciona con la humedad en procesos de *batch*, enfriamiento hasta 93 grados celsius, neutralización con ácido cítrico para remover los jabones, blanqueamiento para remoción de color y desodorización.

El proceso de lecho fijo, trabajado actualmente, tiene pérdidas bajas y mejor eficiencia, lo que

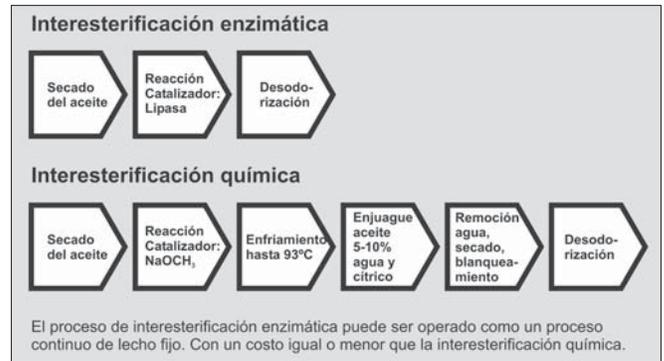
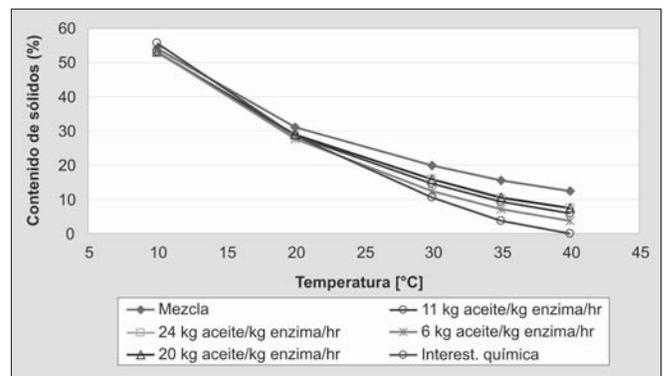


Figura 1 La interesterificación enzimática es un proceso simple



Mezcla: Estearina de palma (50%), Aceite de coco (30%), Aceite de canola (20%)  
Enzima: Lipozyme TL IM  
Temperatura: 70°C

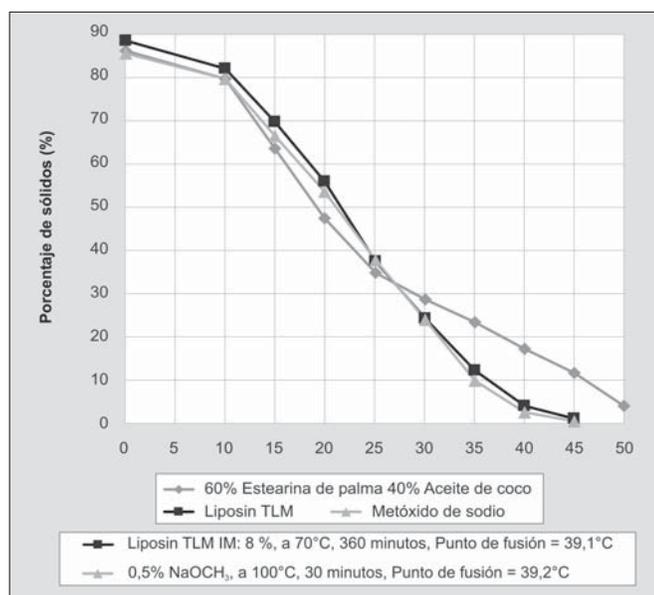
Figura 2 Cambiando la tasa de flujo, se puede controlar el grado de interesterificación y obtener una característica de punto de fusión específica

permite costos comparables o menores a la interesterificación química.

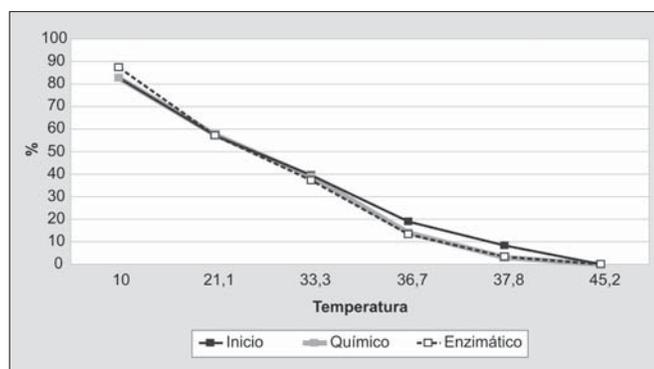
Una planta a escala industrial en Europa utiliza reactores industriales, una mezcla de estearina de palma 50%, aceite de coco 30% y aceite de canola 20%, la enzima Liposin TLM y una temperatura de 70 grados celsius.

En la Figura 2 se observa que con el cambio de la tasa de flujo o tiempo de residencia de la base en un lecho de enzimas se obtienen diferentes productos finales con diversos contenidos de sólidos. Ésta es la gran flexibilidad de este tipo de proceso. Se demuestra un contenido de sólido de la mezcla de 24 kilogramos de aceite kg/ enzima/hora, es decir que existe un tiempo menor de residencia en ese lecho con 20 kg 11,6 en la curva de interesterificación química.

La Figura 3 es un comparativo de laboratorio que representa una mezcla de estearina de palma 60%, aceite de coco 40%. La aplicación de Liposin TLM 8% de enzimas a 70 grados celsius por seis horas de reacción produce un punto de fusión de 39,1 grados celsius. La reacción con metilato de sodio es 0,5%, por 30 minutos a 100 grados celsius y un punto de fusión 39,2 grados celsius. La curva gris de la mezcla es con metóxido de sodio y la negra es el proceso enzimático.



**Figura 3** Interesterificación química y enzimática ofrecen más o menos contenido de sólidos idénticos.  
Estearina de palma/Aceite de coco (60/40)



**Figura 4** Aceite de algodón y aceite de palmiste con catalizadores químico y enzimático. Aceite de algodón/Aceite de palmiste (75/25)

La Figura 4 es el resultado de otra prueba de laboratorio con aceite de algodón 75% y aceite de palmiste 25%. Hay una dosificación de 4% de enzima no en lecho fijo, a 70 grados celsius, con tres horas de reacción y un punto de fusión de 38,5. Con metilato de sodio es un comparativo con proceso industrial punto de fusión 37,5.

La gran ventaja que tiene el mercado brasileño es que los puntos a las mayores temperaturas muestran un contenido de sólidos bien menor, hasta cero, lo cual es importante para la producción de grasas especiales para chocolate, panificación y margarinas de mesa.

### Adelantos en países

Los dos mayores trámites que existen hoy en día para interesterificación enzimática son que la legislación danesa prohibió el uso de hidrogenación parcial para la producción de alimentos, limitando el contenido de ácidos grasos *trans* y en Estados Unidos la compañía McDonald's anunció públicamente que va a remover los transisómeros de sus aceites para fritura.

Por su parte, Fritolay está en proceso de remoción de *trans* de todos sus productos, puesto que en 2000 vendió 25 millones de kilogramos de transisómeros en Estados Unidos; Nabisco (Krafts Foods) notificará que va a reducir, no a eliminar, ácidos grasos *trans* de sus galletas. Es una tendencia en el mercado. En el 2006 todos estos productos tendrán que estar rotulados.

En Brasil un diputado estatal presentó una ley que exige que en 2004 los productos tendrán que estar rotulados, precisamente con ocasión de los juegos panamericanos que se realizarán en Río de Janeiro en 2007. También en Europa, Unilever cambió la extracción con Hexano por aceite prensado, una tendencia hacia productos más naturales.

El objetivo, en conclusión, es que ninguna planta de interesterificación química se instale en el futuro pues la interesterificación enzimática ofrece un proceso más simple, menores costos de inversión, tecnología limpia sin químicos, mejor higiene industrial y mayor seguridad, ninguna formación de transisómeros, propiedades iguales de productos o mejores que la interesterificación química y costos operacionales competitivos.

## Procesos y costos

La promoción de este proceso se hace desde pruebas de laboratorio, con reactor en vidrio para verificar el cambio de punto de fusión de las bases y comprobar cuáles son las mejores bases para pruebas y muestras para realizar en una etapa industrial. La segunda etapa que constituye el concepto de lecho fijo en el laboratorio es un reactor acuario con 60 gramos de enzima en lecho fijo para la producción de dos a tres kilogramos de base interesterificada.

La tercera etapa es un reactor piloto donde está el lecho fijo de enzima de diez kilogramos, a una escala semiindustrial con una producción de 25 toneladas de grasa. Y la última etapa es el reactor industrial llamado *plug and play* con un lecho de 400 kilogramos de enzima. En *Cautions* en Suecia uno de los clientes de Novozymes ya utiliza este proceso. Actualmente se tiene KMT en Ucrania y ADM en Estados Unidos también con este proceso.



**Figura 5** Reactor Plug&Play con 400 kg de enzima

El reactor (Figura 5) tiene un diámetro de 1,19 m., una altura de 0,93 m, un volumen de un metro cúbico, el volumen de enzima en un lecho fijo es de 400 a 420 kilogramos para una producción media de 24 toneladas por día de grasa interesterificada. El flujo es de 1.500

kilogramos por hora, la temperatura de 70 grados centígrados (que requiere un cuidado muy especial porque a 75 grados centígrados la enzima es inactivada), y una presión positiva de 0,5 bar.

En un inicio se tuvo solo un reactor, pero actualmente existe la recomendación de contar con cuatro reactores en serie de 400 kilogramos para una producción de 50 toneladas por día. Con el primer reactor se trabaja con una especie de columna de guarda química porque es recomendable para este proceso un aceite de característica RBD, refinado, blanqueado y desodorizado.

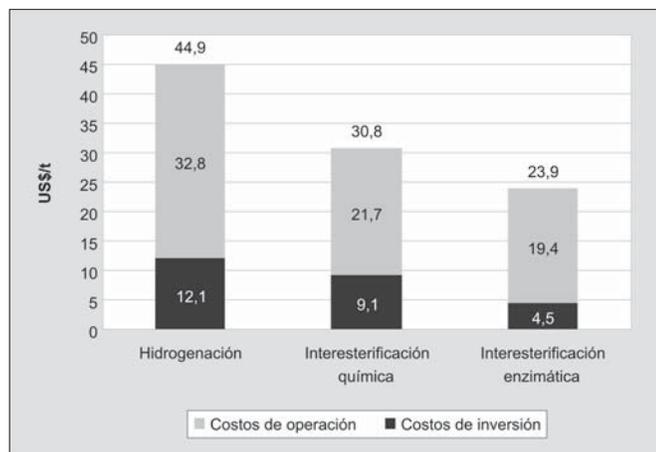
Para hidrogenación parcial usualmente los clientes parten de un aceite solo blanqueado, lo cual tiene un doble costo porque se debe desodorizar antes y después del proceso, por eso se utiliza una columna de guarda química para que no sea necesaria una desodorización anterior al proceso de interesterificación.

Los costos de inversión para este proceso tienen una variación de país a país que depende del precio del acero inoxidable 316 y del costo de producción de los equipos. En Dinamarca, el costo hoy por cada reactor es de 54 mil dólares.

Como se observa en la Tabla 1 se discriminan los costos de inversión en Dinamarca. Es necesario un controlador de flujo, un controlador de temperatura, dos controladores de presión, una bomba, dos filtros, dos tanques: uno de alimentación y otro de producto final, y una válvula. La inversión es de 300 mil dólares.

**Tabla 1** Costos de inversión

	Cantidad	Precio/unit, US\$	Precio, US\$
Columnas	4	54.000	216.000
Controlador de flujo	1	9.000	9.000
PT-100	1	1.500	1.500
Transmisor presión	2	1.500	3.000
Bombas	1	5.500	5.500
Filtros	2	3.000	6.000
Tanques	2	20.000	40.000
Válvulas	1	14.000	14.000
<b>Total</b>			<b>295.000</b>



Fuente: M.Kellens 2000. En Edible Oil Processing. Ed Hamm & Hamilton. P. 155

**Figura 6** La interesterificación enzimática tiene mejor costo/beneficio

En la Figura 6 que constituye un comparativo de datos teóricos de Mark Kellens (2000) se observa que un proceso enzimático tiene un costo de inversión 4,5 dólares por tonelada y de operación de 19,4 dólares. Los costos son menores comparados con la interesterificación química.

Los reactores de lecho fijo que pueden ser utilizados para sistemas de enzimas inmovilizadas, en este caso con la enzima Liposin TLM,

ofrecen las siguientes ventajas: un proceso simple de ser establecido y fácil de operar a gran escala; una mantenimiento mínima; el *stress* mecánico de las enzimas es mínimo porque se trabaja con reactores de bateada de *batch*; no hay agitación en el proceso y es de fácil control; existe la posibilidad de cambiar las características del punto de fusión a través de la tasa de flujo y con esto el tiempo de permanencia de la grasa en el lecho de las enzimas.

## Conclusiones

Los costos de inversión y operación son menores con la interesterificación enzimática respecto a otros procesos convencionales. El proceso enzimático es estable, no hay formación de isómeros *trans*, el grado de interesterificación puede ser controlado mediante el tiempo de permanencia en el lecho, el reactor del lecho fijo opera en condiciones complejas, la grasa no necesita posterior lavado para remoción de jabón ni blanqueamiento para remoción de color, la posición dos de la materia prima es preservada, es decir queda más insaturada de manera que constituye una grasa más natural.

Finalmente, Novozymes puede ayudar para empezar desde la etapa de laboratorio hasta la escala industrial (<http://www.novozymes.com>). 🌿