

Alternativa a las
grasas trans

Cristalización fraccionada

Téc. Magali Parzanese
Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca

Hace tiempo se conocen los efectos nocivos que tienen sobre la salud los alimentos con alto contenido de Ácidos Grasos *Trans* (AGT), principalmente la relación directa que existe entre una dieta rica en AGT y el aumento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Esto se debe a las alteraciones que provocan en el metabolismo de los lípidos corporales: aumentan los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL o colesterol “malo”), y disminuyen los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL o colesterol “bueno”).

Los AGT presentes en nuestra dieta pueden ser de dos orígenes: biológico o tecnológico. Los de origen biológico se generan naturalmente por acción de microorganismos presentes en el estómago de los rumiantes, y es por eso que la carne, la leche y los derivados lácteos contienen pequeñas cantidades de AGT. Sin embargo más del 90% de estos aparecen como resultado de procesos aplicados por la industria (principalmente de la hidrogenación parcial) que tienen como objetivo modificar los puntos de fusión, mejorar las propiedades reológicas y aumentar la estabilidad de la materia grasa.

Debido a las regulaciones vigentes, que obligan a las industrias a reducir el contenido de AGT de sus productos, es necesario reemplazar los procesos de hidrogenación tradicionales por otros cuyo resultado no implique la formación de isómeros *trans*. Como posibles alternativas pueden mencionarse el desarrollo de híbridos de especies vegetales que permiten obtener aceites con un perfil de AG específico (por ejemplo la obtención del aceite de girasol alto esteárico alto oleico); el uso de grasas naturales sólidas y sus fracciones (por ejemplo aceite de palma, palmiste, etc.), y el empleo de interesterificación enzimática o química, fraccionamiento o mezcla como procesos de modificación.

Entre estos últimos, la tecnología de fraccionamiento o cristalización fraccionada, se destaca por basarse únicamente en principios físicos de separación, que no impliquen la modificación química de los triglicéridos. Esta técnica posee un gran potencial de aplicación, principalmente para satisfacer la demanda de las industrias de margarina, panificados y confitería, fritura, cremas artificiales, aderezos y salsas, entre otras, ya que se obtienen fracciones con funcionalidad y propiedades fisicoquímicas específicas.

El origen de este proceso data de principios del Siglo XX y está estrechamente vinculado a la producción y

Cristalización fraccionada

comercialización de aceite crudo de palma en Malasia. Debido a la composición de ácidos grasos que presenta (aproximadamente un 40% de saturados, principalmente palmítico, y un 40% de insaturados mayormente oleico), este aceite tiene la particularidad de separarse en dos fases: una sólida (estearina) y una líquida (oleína) cuando se lo deja estacionar durante su almacenamiento a temperatura ambiente.

Dadas las características de este aceite, y como consecuencia de la incidencia positiva que tuvo la comercialización de sus fracciones en la economía de los países productores, a partir de la década de 1970 se avanzó notablemente en el desarrollo del proceso de fraccionamiento. Inicialmente se aplicaron tres técnicas diferentes: fraccionamiento con solvente, fraccionamiento con uso de detergente y fraccionamiento en seco.

Esta última es la de mayor importancia y aplicación actual, ya que sus costos de operación son menores, es un proceso completamente reversible y no conlleva pérdidas de aceite durante la operación.

A nivel internacional el fraccionamiento se emplea en aceites vegetales y en grasa de leche con resultados superadores. En nuestro país los Artículos 537 y 551 del Capítulo V del Código Alimentario Argentino (CAA) aprueban la aplicación de este proceso solo para modificar o separar las distintas fracciones de materia grasa de origen animal. Sin embargo dado que las fracciones de origen vegetal se emplean en todo el mundo como una alternativa válida a los aceites parcialmente hidrogenados con alto contenido de AGT, en los últimos años se planteó la necesidad de contemplar y normalizar el proceso de cristalización fraccionada también sobre aceites vegetales.

Aplicaciones en la industria alimentaria

Como ya se mencionó, el proceso de fraccionamiento en general se utiliza para la modificación de grasas y aceites, con el fin de otorgarles las características físicas y químicas requeridas para su funcionalidad final. Los principales objetivos que se persiguen son el cambio del punto de fusión y el aumento de la estabilidad de las fracciones líquidas y sólidas. Debido a ello y con el fin de optimizar los resultados, habitualmente se llevan a cabo procesos previos al fraccionamiento, como refinamiento y modificación química (interesterificación,

hidrogenación total, etc.). Por lo tanto la cristalización fraccionada, ya sea por simple o múltiple etapa, se utiliza para transformar una gran variedad de aceites vegetales y grasas animales que pueden ser crudos, refinados o modificados (hidrogenados o interesterificados).

Otra de las aplicaciones importantes de este proceso es conseguir fracciones de aceites extraídos de semillas híbridas obtenidas por cruzamiento convencional, como por ejemplo el aceite de girasol alto esteárico alto oleico que se produce en nuestro país desde 2008. Estos aceites presentan características favorables en la distribución y composición de ácidos grasos, lo que determina puntos de fusión marcadamente mayores a los de aceites convencionales, característica que los hace adecuados para la aplicación exitosa de tecnología de cristalización fraccionada.

Materias primas del proceso de cristalización fraccionada

Aceites vegetales	Grasas animales
» Aceite de palma	
» Aceite de coco	• Grasa bovina
» Aceite de algodón	• Grasa ovina
» Aceite de soja hidrogenado	• Grasa de la leche
» Aceite de palmiste	• Aceite de pescado
» Aceite de girasol alto esteárico alto oleico	

Fuente | Desarrollos en la tecnología de fraccionamiento. Libro de oro de A&G. Tomo II.

Las distintas fracciones obtenidas se utilizan como materia prima en la fabricación de:

- Aderezos y salsas.
- Margarinas.
- *Shortenings*.
- Aceites para fritura, sean de uso industrial o doméstico.
- Grasas sustitutas de la manteca de cacao.
- Productos de panificación y pastelería.

Ventajas y fundamentos

- Es un proceso físico de separación, totalmente reversible, que no implica cambios en la composición química de la grasa ni la generación de ácidos grasos Trans.
- Permite obtener fracciones especiales de funcionalidad específica, como son los sustitutos de la manteca de cacao.
- Costos de operación menores que otros procesos de modificación de grasas.
- Se aplica a aceites crudos, refinados o modificados previamente por interesterificación o hidrogenación.
- Se utiliza desde hace años en la industria de grasa y aceites por lo que se ha avanzado mucho en el desarrollo de equipos automatizados, a distintas escalas, que facilitan las operaciones durante el proceso.

Las grasas comerciales utilizadas como materia prima de distintos procesos de modificación poseen un comportamiento polimórfico característico: presentan fases sólidas de idéntica composición química que difieren en la configuración de su estructura cristalina. Cada una de estas formas polimórficas tiene propiedades específicas que permiten diferenciarlas de las demás, como por ejemplo volumen específico y punto de fusión.

Los triglicéridos pueden adoptar varias formas cristalinas, pero existen tres principales: δ , β y β' . Según la estabilidad relativa que presenten entre sí dos formas cristalinas pueden clasificarse como enantiotrópicas o monotrópicas. Las grasas naturales son mayormente monotrópicas, lo que significa que presentan una forma estable y otra metaestable, y siempre se produce una transición hacia la forma más estable.

El comportamiento polimórfico de una grasa está determinado por varios factores, principalmente por su composición en ácidos grasos y por la posición relativa que ocupan cada uno de estos en los triglicéridos. En general, aquellas grasas cuya composición en triglicéridos es homogénea, tienden a cristalizar en formas β , como por ejemplo los aceites de soja, maní, maíz, oliva, coco y cártamo y la manteca de cacao. En cambio, las grasas de composición heterogénea (donde los ácidos grasos están distribuidos al azar) cristalizan a formas β' , como sucede con los aceites de palma, de semilla de algodón y de colza, y también con las grasas de origen animal.





En la tecnología de los alimentos, el comportamiento polimórfico de las grasas permite inducir la formación de cristales con un tamaño y una estabilidad determinados. Esto se logra mediante el control de las diferentes variables durante el proceso de cristalización. Generalmente es deseable la cristalización en la forma β' , ya que estos cristales persisten durante un tiempo mayor, y esencialmente porque contribuyen a incorporar aire en forma de pequeñas burbujas durante la preparación de shortenings, margarinas y panificados, otorgando así mayor plasticidad y cremosidad a los productos finales.

Descripción del proceso

La cristalización fraccionada o fraccionamiento en seco es un proceso que comprende dos etapas principales: cristalización y separación. A pesar de ser simple desde el punto de vista operacional, es necesario que sus condiciones estén perfectamente determinadas, lo que depende en mayor medida de la materia prima y del producto final que se desea obtener. Por ello es esencial realizar ensayos de laboratorio que permitan evaluar el comportamiento de la grasa bajo determinadas condiciones, y elaborar de esta forma la curva de enfriamiento del aceite o grasa que se quiere modificar.

La cristalización

Debido al polimorfismo de las grasas y a la intersolubilidad de los distintos componentes sólidos, el proceso de cristalización resulta complejo. Como se mencionó antes la forma cristalina deseada es la β' , ya que además de lo descrito estos cristales facilitan la etapa de separación por ser firmes y de tamaño esférico uniforme. Si se logra que la grasa cristalice en la forma indicada, la etapa de separación posterior se llevará a cabo con facilidad y se obtendrán óptimos resultados.

Por eso es clave la selectividad durante la etapa de cristalización, y su éxito depende directamente del control de las variables o parámetros de cristalización durante el enfriamiento. Para entender el grado de incidencia de cada una de las variables en el resultado final, es necesario explicar las distintas etapas en las que se divide la cristalización.

A. Formación de núcleos. Para iniciar el proceso es necesario calentar la materia grasa a fraccionar hasta una temperatura mayor a la de su punto de fusión, de forma

tal de fundir todos los cristales de la fase sólida, para lo cual se utiliza un equipo denominado homogeneizador. Con esto se logra que la formación de núcleos de cristalización se determine por factores externos, mediante el control de la temperatura, de acuerdo al esquema o curva de enfriamiento establecida previamente. Esta última dependerá de la materia prima, del producto final y de los equipos de fraccionamiento con los que se trabaje, principalmente del diseño de cristalizador elegido. La formación de núcleos se establece cuando las condiciones de presión y temperatura son tales que el aceite fundido está superenfriado y puede llevarse a cabo por tres tipos distintos de fenómenos:

1. Formación de núcleos homogénea. Se da en fases líquidas superenfriadas sin impurezas, cuando las moléculas del líquido se unen formando grupos crecientes, que si se mantienen estables y el nivel de sobresaturación es suficiente, llegan a formar un núcleo de cristalización. Sin embargo en la práctica la formación de núcleos homogénea es poco probable, ya que siempre se presentan impurezas en la fase fundida.

2. Formación de núcleos heterogénea. Ocurre por la presencia de impurezas o sustancias extrañas que actúan como aceleradores de la cristalización. Generalmente las paredes del cristalizador, las paletas del agitador o impurezas mecánicas son sólidos que determinan la formación heterogénea de núcleos.

3. Formación de núcleos secundaria. Acontece como fase posterior a la formación de núcleos por otro fenómeno, y se debe a las partículas que pueden desprenderse de los cristales ya formados.

B. Crecimiento del cristal. Las variables que determinan la velocidad de crecimiento de los cristales, luego de la formación de los núcleos, son la temperatura y la viscosidad. Una vez que comienzan a crecer los cristales de la fase sólida, aumenta progresivamente la viscosidad del sistema, lo que afecta la transferencia de temperatura. Por esto es necesario que el equipo donde se lleva a cabo la cristalización cuente con un sistema de agitación continua, que pueda ser ajustado según la etapa del proceso y el producto a obtener. La agitación permite mantener condiciones homogéneas dentro del cristalizador, y por lo tanto hace que la cristalización se produzca de manera continua y uniforme. Las dos etapas descritas deben diseñarse para lograr que la fase cristalina sea uniforme y de elevada resistencia al estrés

mecánico. Estas dos características son fundamentales para el éxito de la etapa de separación, y del proceso en general. Si la formación de los núcleos durante la iniciación se realiza de forma controlada, bajo condiciones establecidas previamente según la curva de enfriamiento del producto, la selectividad de la cristalización será óptima, y esto facilitará la etapa posterior. Cabe mencionar que la selectividad también está determinada por las características técnicas del equipo cristalizador, la forma en que se transfiere la temperatura y la homogeneidad del sistema durante el proceso.

Diseño y elección del cristalizador

Las características y especificaciones técnicas del cristalizador son determinantes para el éxito de la etapa de cristalización. Puntualmente el sistema de intercambio de calor y de agitadores que presente el equipo es fundamental para la velocidad de formación y crecimiento de los cristales, como así también de su selectividad. La transferencia de calor se hace por circulación de agua de enfriamiento a través de serpentinas horizontales o verticales; o también a través de encamisados, tipo intercambiador de calor de placas verticales. Todos ellos han demostrado alto grado de eficiencia. Además, el tiempo que requiera la etapa de cristalización para ser completada dependerá del diseño que presente el cristalizador. El sistema de agitación más común es por agitadores tipo impulsores.

Separación

Una vez finalizada la cristalización se obtienen una fracción sólida y una líquida que deben ser separadas para finalizar el proceso. Debido a las características físicas de ambas fases la separación se realiza por filtración. Esta es una operación mecánica, por lo cual el resultado depende mayormente de las características técnicas y del tipo de filtro utilizado. Inicialmente se utilizaban filtros de prensas formadas por una única placa y un bastidor. Sin embargo estos dispositivos presentaban dificultades para secar la fase sólida que quedaba en la prensa y para su vaciado, ya que era una operación manual. En la actualidad se utilizan mayormente dos tipos de filtros, cada uno presenta ventajas y desventajas, por lo que para elegir el sistema de filtración hay que tener en cuenta las propiedades buscadas para el producto final:

Filtro de tambor rotativo de vacío. La operación de este equipo es un proceso continuo, que implica tres etapas

Cristalización fraccionada

principales. Inicialmente los cristales se concentran debido a la succión de la fase líquida que realiza la bomba de vacío, y se forma la torta de estearina sobre la superficie del tambor rotativo. Luego esta se seca por acción de una corriente gaseosa (aire, nitrógeno) y finalmente se realiza la descarga del filtro por contracorriente de aire y raspado.

Las ventajas de este método son su sencillez de operación y su bajo costo. La utilización de filtros de vacío es recomendable cuando se desean obtener estearinas blandas, denominadas así porque contienen mayor proporción de oleína en la fracción sólida. Esto se debe a que durante la filtración con filtros de vacío los cristales quedan recubiertos con oleína por efecto capilar, o bien permanece ocluida en la aglomeración de cristales. Estas estearinas blandas se utilizan para elaborar algunos productos como ghee o vanaspati.

Filtro prensa de membranas. Esta técnica presenta varias ventajas sobre los filtros de tambor rotativo de vacío: mayor eficiencia de separación, mayor tolerancia a los cambios de morfología del cristal, mayor protección contra la oxidación, mayor rapidez de filtración y menor consumo de energía. Gracias a estas mejoras actualmente es el procedimiento preferido para separar en procesos de cristalización fraccionada.

Los equipos están formados por una serie de placas de material filtrante unidas por un cilindro hidráulico. La superficie de estos filtros es mucho mayor a la disponible en los filtros de vacío (filtro prensa de membrana: 60m², filtro de vacío: 6m² aproximadamente). La operación de filtración es un proceso semicontinuo dividido en dos etapas. La primera comienza llenando el filtro con la mezcla obtenida de la cristalización (lechada), y consiste en aplicarle presión para separar una primera parte de la fase líquida. La segunda etapa consiste en el estrujado de los cristales concentrados producto de la primera etapa. De esta forma se logra extraer la fase líquida que se encuentra retenida dentro de la sólida. Finalmente, el filtro se abre y se descarga la estearina mediante gravitación. Las presiones aplicadas sobre la lechada durante la primera etapa de filtración pueden variar según el equipo, y se hallan en el rango de 4 – 8 bar para filtros estándar. Se encuentran en desarrollo filtros que operan con presiones mayores (hasta 50 bar), para utilizar en la producción de fracciones especiales, como grasas sustitutas de la manteca de cacao.

Cabe mencionar que existen filtros con diferentes características técnicas. Los hay con barras laterales y con barras superiores, y otros de alimentación central o alimentación a través de la esquina. La elección del filtro adecuado depende de las características de las materias primas a procesar y de los productos finales que se desea obtener, como así también del espacio disponible para instalar los equipos, el volumen de producto, el costo, etc.

El mayor inconveniente de este proceso es lograr que la selectividad durante la cristalización se realice correctamente. Para esto es necesario conocer bien las propiedades físicas de la materia grasa que se desea modificar.

De cualquier modo, la compleja composición química de grasas y aceites, hace difícil prever por completo su comportamiento frente a cambios de presión y temperatura. Por ello esta tecnología continúa siendo investigada y desarrollada con el propósito de ampliar su campo de aplicación, y aumentar el número de fracciones que pueden obtenerse a partir de una grasa o aceite determinado.

Fuentes consultadas

- “Desarrollos en la tecnología de fraccionamiento”. Marc Kellens De Smet Group. Antwerp, Bélgica. Libro de Oro de A&G – 10° Aniversario Tomo II.
- “Una visión del fraccionamiento en seco”. Alain TIRTIAUX, Veronique GIBON. S.A. Fractionnement TIRTIAUX. Rue de Fleurjoux, 8. B-6220 FLEURUS BELGIUM. Libro de Oro de A&G – 10° Aniversario -Tomo II.
- “Desarrollos en la modificación de grasas: Interesterificación y Fraccionamiento. Características y beneficios”. Marc Kellens, Marc Hendrix, De Smet Group Bélgica. Jose Melo, De Smet Mercosur.

Glosario

Polimorfismo o comportamiento polimórfico.

Los triglicéridos presentan polimorfismo lo cual significa que un mismo triglicérido puede tener formas cristalinas diferentes en función de su composición y de las condiciones de cristalización a las que ha sido sometido.

Formas cristalinas o polimórficas.

Cada uno de los cristales con características diferentes que puede formar una misma sustancia.

Intersolubilidad.

Fenómeno que causa la formación de cristales mixtos durante la cristalización.