

Información tecnológica

Procesamiento de la semilla de soja

Por Dr. Ir. Roger Leysen

American Soybean Association. Rue du Commerce 20-22. 1040 - Bruselas. Bélgica

Conferencia presentada en los XXIV Cursos de Especialización de Grasas. Instituto de la Grasa. Sevilla. 13 de febrero de 1996

RESUMEN

Procesamiento de la semilla de soja

El trabajo hace una revisión de la tecnología para la extracción del aceite de soja y la obtención de harina de soja (control de materias primas así como equipos y procedimientos para el acondicionamiento, extracción y desolventización). Asimismo, incluye una serie de comentarios referentes a las actuales líneas de investigación.

PALABRAS-CLAVE: Aceite de soja – Extracción – Harina – Información (artículo).

SUMMARY

Soybean processing

The paper is a review of the soja oil extraction and soja flour obtention (raw material control as well as equipments and know for conditioning, extraction, and desolventization). It also includes comments related to current research lines.

KEY-WORDS: Extraction – Information (paper) – Meal – Soybean oil.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la Edad Media, se han obtenido grasas y aceites a escala industrial en los molinos de aceite, llamados así porque la energía mecánica necesaria para que operasen los equipos de trituración, estaba generada por el viento o por agua.

El desarrollo industrial de la extracción de aceite hasta convertirse en una importante rama en la economía, dependió tanto del avance realizado en las técnicas de los procesos y en la construcción de aparatos, como de la capacidad de transporte, especialmente oceánico. Por tanto, era obvio que para la distribución a granel de las semillas oleaginosas, se prefirieran los puertos de mar como localización de las industrias de extracción y carretera y canales en el interior.

2. MATERIAS PRIMAS PARA UNA EXTRACTORA

Se han desarrollado y normalizado métodos analíticos para determinar las diferentes características de las semillas de soja (1).

Vamos a repasar primero la materia prima básica para nuestra planta de molturación: la semilla de soja. La producción total de este tipo de semilla ronda los 110 millones de toneladas métricas al año, a nivel mundial.

El control de calidad de las semillas de soja se lleva a cabo para todas y cada una de las transacciones por el Servicio de Inspección Federal de Granos en los EE.UU. Para hacer esto, el Departamento de Agricultura de los EE.UU. ha editado los «Grados y requerimientos para cada Grado de Semilla de Soja» que se recogen en la Tabla I (2).

El ensayo de «*peso por bushel**» es una medida de volumen para estimar el grosor de las semillas. El resultado de este ensayo no es necesariamente un factor de calidad: una semilla más grande da un valor más bajo a causa del espacio intersticial. Por tanto, este requerimiento perjudica a algunas variedades. Además, no se ha observado correlación entre el resultado del ensayo de peso y el contenido de aceite o de proteína de la semilla. La mayoría de los que trabajan con semilla de soja, ni siquiera están equipados para realizar el ensayo de peso.

Las *semillas rotas* es un factor de calidad indeseable para el procesamiento, ya que puede estar contaminada con mohos o polvos. Durante el manejo de las semillas se incrementa la rotura debido a múltiples causas. Las *semillas dañadas* también bajan la calidad de los productos hechos a partir de semilla de soja. Por ejemplo, es típico el incremento de la acidez en el aceite extraído. Las *materias extrañas* se refiere a todo aquello que pueda acompañar la semilla de soja, como polvo, hierbas, granos distintos, etc. Se acaba de publicar un estudio que examina el efecto de reducir las materias extrañas de un 2% a 1% en semillas de soja de Grado nº2 (20). La ASA ha defendido siempre tal cambio, ya que mejora la calidad de forma considerable. Sin embargo, el estudio concluye desaconsejándolo desde el punto de vista económico. Las *semillas de color extraño* deprecian la calidad, ya que este color se apreciaría en su aceite.

* bushel.—medida de áridos 35,24 litros

Tabla I
Especificaciones para las semillas de soja en EE.UU.
Grados, Requerimientos y Designaciones

| Grado | Ensayo de peso por bushel (libras) Valor mínimo | Límites mínimos de | | | | |
|---------------|---|--------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---|
| | | Semillas dañadas | | Materiales extraños (%) | Rotas (%) | Semillas de soja de otros colores (%) |
| | | Dañadas por calor (%) | Total (%) | | | |
| U.S. N.º 1 | 58,0 | 0,2 | 2,0 | 1,0 | 10,0 | 1,0 |
| U.S. N.º 2 | 54,0 | 0,5 | 3,0 | 2,0 | 20,0 | 2,0 |
| U.S. N.º 3 1) | 52,0 | 1,0 | 5,0 | 3,0 | 30,0 | 5,0 |
| U.S. N.º 4 2) | 49,0 | 3,0 | 8,0 | 5,0 | 40,0 | 10,0 |

Muestra de Grado U.S.:

Muestra de Grado U.S. es la semilla de soja que:

a) No cumple los requerimientos de para los n.º 1, 2, 3, 4, o bien.

b) Contiene 8 o más piedras las cuales tienen un peso agregado en exceso del 0,2% en peso de la muestra, 2 o más trozos de cristal, 3 o más semillas tipo cotiledónea, 2 o más semillas de ricino, 4 o más restos de sustancia(s) desconocida(s), 10 o más excrementos de roedor, pájaros, o cantidad equivalente de inmundicias de otro animal por 1000 g de semilla de soja; o bien

c) Tener olor a agrio, húmedo, o extraño y objetable desde el punto de vista comercial (excepto olor a ajo); o bien.

d) Estar caliente o con cualquier otra señal de baja calidad

1) Aquellas semillas de soja que estén moteadas o manchadas de color púrpura tendrán un grado no superior a U.S. N.º 3.

2) Aquellas semillas de soja que estén materialmente pasadas de fecha tendrán un grado no superior a U.S. N.º 4.

La *humedad* no es un requerimiento en las nuevas normas que entraron en vigor el 9 de septiembre de 1985 aún se incluye en el certificado oficial, aunque bajo demanda, ya que una humedad excesiva hace necesario secar y el almacenamiento es más difícil.

No se incluye ninguna especificación para el contenido en proteína ni para el de aceite, los dos componentes por los cuales la soja se procesa. La ASA renocce la importancia de ambos en la determinación del valor de la semilla y ha recomendado una investigación adecuada en lo que concierne al impacto económico y a la relación coste-beneficio sobre el hecho de incluir la proteína y el aceite entre los índices de las semillas de soja. Un primer punto puesto de relieve fue «¿Es posible incrementar en la utilización de medios de evaluación mecánicos, eléctricos y químicos para reducir la dependencia de métodos subjetivos de determinación de la calidad?» La técnica de Reflectancia en el Infrarrojo cercano representa un avance muy interesante. FGIS está equipado para informar sobre el contenido en proteína y aceite.

Desde la plantación hasta llegar a quien lo recibe al otro lado del mar y antes de que la soja llegue a una planta de molturación se manipulan entre 15 y 20 veces. En estos años, los cambios en los modos de transporte y técnicas de manipulación no han estado dirigidos a preservar la calidad de las semillas de soja desde que son recolectadas. La rotura aumenta conforme aumenta el número de manipulaciones.

Mientras que durante la manipulación el factor más crítico es la rotura (acompañado de las materias extrañas), el factor crítico durante el almacenamiento es la humedad. Las mitades estructurales de la semilla de

soja se mantienen juntas gracias a una cáscara relativamente fina. Esta cáscara llega a ser extremadamente quebradiza cuando el contenido en humedad de la semilla baja. Los niveles de humedad que se consideran en general seguros para un almacenamiento a largo plazo (3) son alrededor del 13% para las semillas de soja. Por encima de este nivel de humedad, las semillas comienzan la germinación o comienza el crecimiento de mohos, estos procesos generan calor y dañan tanto la proteína como el aceite. Los Ácidos Grasos Libres en el aceite extraído tienden a incrementarse durante el almacenamiento, y también han sido detectados cambios en los fosfolípidos (4). Esta generación de calor puede ser muy seria e incluso provocar una combustión espontánea. Por tanto, existe un conflicto de intereses ya que se desea preservar la calidad mediante una bajada de la humedad, la cual a su vez trae como consecuencia un aumento de la rotura.

Como las semillas de soja tienen un flujo relativamente fácil, se pueden almacenar verticalmente o por pisos. No se debería olvidar que pueden tomar humedad del aire, por lo que la ventilación forzada no es siempre aconsejable (5). Sin embargo, para un almacenamiento a largo plazo es absolutamente necesario un sistema de control de temperatura. En una planta de molturación el tiempo de almacenamiento suele ser corto, por tanto, puede ser considerado un lujo.

La otra «materia prima» –mejor sustancia necesaria para el procesamiento– es n-hexano, una fracción parafínica del petróleo con un rango de ebullición bastante estrecho, aproximadamente 65-70°C. Estas naftas de extracción están exentas de compuestos sulfurados y nitrogenados, de hidrocarburos insaturados

(especialmente aromáticos) y deben ser de «grado alimenticio». Se han realizado estudios para identificar otros disolventes, como isopropanol.

3. EQUIPOS DE PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DE SOJA

En principio, una planta de molturación de semillas oleaginosas debería trabajar una única semilla, para poder adaptar los equipos tanto como sea posible y no verse forzado a aceptar soluciones de compromiso.

El diagrama general de flujo de una planta completa de extracción de semilla de soja se muestra en la Figura 1.

La *limpieza* de la semilla se realiza en tamices con aspiración, para que separen tanto polvos y materiales ligeros contaminantes, como impurezas más grandes (piedras, tallos, piezas metálicas). Las impurezas más grandes se separan generalmente en un separador de piedras y en un separador magnético.

Un paso necesario para la extracción es la *preparación* de la semilla de soja. Una preparación correcta, adaptada a esta semilla en particular, determinará el éxito económico de la extracción, la calidad del aceite crudo y de la harina.

Por razones de seguridad, es necesario separar la sección de extracción al menos por una pared sólida; es preferible que las dos secciones se hallen en edificios distintos (6). La cinta transportadora que conecta

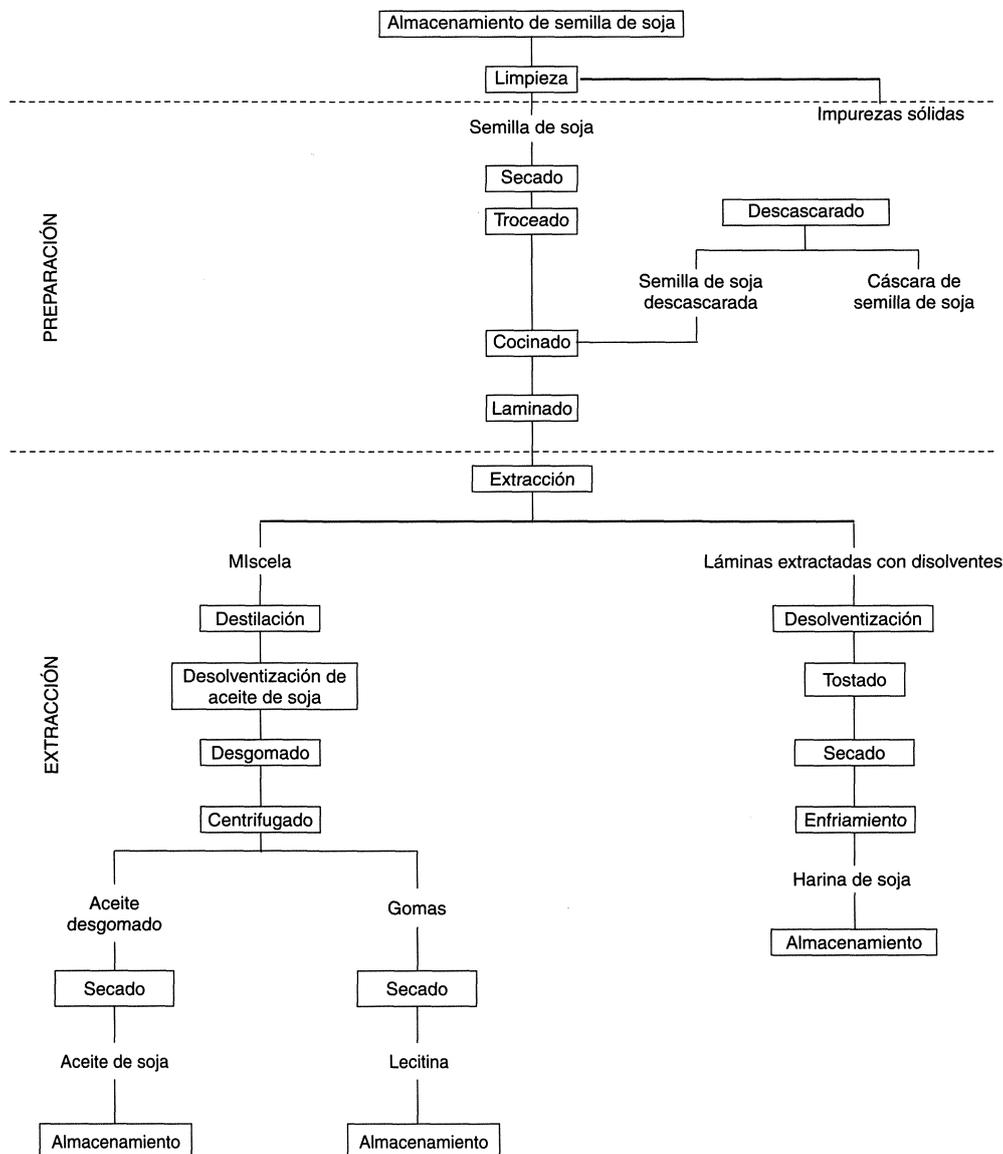


Figura 1
Diagrama de flujo de una planta completa de extracción de semilla de soja

la sección de preparación con la de extracción debe estar convenientemente sellada para evitar los escapes de vapores de disolvente.

Todas las semillas que llegan de la limpieza se pesan en una balanza apropiada para el control de rendimiento de la planta. Esta balanza es una herramienta absolutamente necesaria para el control económico de la operación.

Las semillas se dirigen primero hacia el molino rompedor donde se trocean entre 8 y 12 partes. Esto se realiza con pares de rodillos acanalados, simples o dobles, totalmente cerrados, con capacidades por encima de las 500 Ton al día. Los rodillos deberán ser fácilmente manejables e intercambiables, ya que son muy susceptibles al rozamiento.

El *descascarado* es sólo necesario cuando se produce harina de soja con alto contenido en proteína (49%). Se puede hacer antes o después de la extracción (7).

El consumo energético cuando se hace antes de la extracción es mucho más alto que cuando se hace después, aunque sin embargo, las cáscaras obtenidas tienen menos proteínas. En este caso, es necesario secar las semillas hasta una humedad por debajo del 9%, normalmente en secaderos a gas o fuel, utilizando como medio de secado los gases de combustión (8). Después de secar, las semillas deben permanecer al menos 24 horas en un silo para que se establezca la humedad en la semilla completa y se pueda separar la cáscara. Una vez rotas, las cáscaras se separan mediante corriente de aire y se venden como semillas molidas para las industrias de piensos compuestos, o puede ser añadida junto con los restos vegetales separados durante la limpieza a la harina de soja extractada, para poder ajustar el contenido en proteínas al 44% cuando este es mayor que el requerido para su comercialización. Estas cáscaras pueden aumentar su actividad ureásica de la torta si se añaden sin haber sido tostadas.

El *acondicionado* de las semillas rotas tiene una importancia fundamental. Un tratamiento con calor y un ajuste de humedad correcto, ayudarán a romper las membranas celulares durante el laminado y el aceite podrá ser extraído más fácilmente. El acondicionamiento se realiza en un cocedor-acondicionador, en general un recipiente de calentamiento, dividido en varios compartimientos todos equipados con un agitador. Temperaturas de tratamiento por encima de 60°C tienden a oscurecer el aceite extractado.

Para garantizar una eliminación óptima del aceite después de la extracción es necesario destruir las estructuras celulares de las semillas oleaginosas. Para ello, el material que va a ser extractado debe ser pasado por rodillos para obtener finas láminas y así, obtener una gran superficie. Tales finas láminas dan un empaquetamiento más suelto en el extractor y los recorridos de difusión del solvente son más cortos y regulares, lo cual es necesario para obtener una penetración del disolvente correcta y un drenaje regular del

mismo. Las láminas necesitan tener un mínimo de humedad y una cierta elasticidad. Esto evita tener formación de finos durante el trayecto dentro del extractor, que dan lugar a una capa demasiado compacta. Los *molinos de laminado* consisten en un par de rodillos lisos con diámetros por encima de 800 mm y una longitud de 2 m; la capacidad de cada laminador puede ser de hasta 800 Ton por día. Los bordes de los rodillos son muy vulnerables, por esta razón el sistema de alimentación al molino debe repartir de forma homogénea las semillas troceadas sobre toda la superficie de trabajo del rodillo, la cual debe ser rectificada con regularidad. El grosor de la lámina debe controlarse en toda la superficie del rodillo de forma rutinaria. El grosor ideal de la lámina debe estar comprendido entre 0,25 y 0,3 mm.

Otro factor muy importante es el tiempo entre el laminado y la extracción: en las láminas el aceite es extremadamente vulnerable debido al oxígeno y la humedad del aire, que hacen que se produzcan reacciones de oxidación, hidrolíticas y enzimáticas (como las de fosfolipasas) de forma muy rápida. Por tanto, este tiempo debería ser tan corto como fuera posible y, por supuesto, teniendo en cuenta las medidas de seguridad necesarias para la separación de la sección de preparación del edificio de extracción (6).

Extracción

Las láminas entran al extractor a través de cierres herméticos a vapores, normalmente una válvula rotatoria. Actualmente se utilizan extractores de tipo continuo para el procesamiento de semilla a escala industrial. El disolvente y la semilla laminada se mueven en contra corriente, para así obtener una miscela más concentrada.

Para instalaciones modernas de molienda de aceite, con capacidades de más de 2000 T/día (A.D.M. en Rotterdam, trabaja con una planta donde dos extractores de 2400 Ton/día de capacidad, trabajan en paralelo; son de 25 m de largo, 5 m de ancho y con una altura total de 5,5 m) se prefieren dos tipos de extractores: de cinta transportadora (tales como De Smet, Lurgi...) y de celdas rotatorias (Rotocel, French, etc). Mientras que los segundos necesitan un espacio pequeño, los primeros son muy populares debido a su alto rendimiento, su aplicación universal y su simplicidad mecánica. El extractor de ciclos de Crown Iron Works presenta un diseño bastante especial y es muy popular en Estados Unidos.

Como las semillas de soja tienen un contenido de aceite relativamente bajo (18-20%), no requieren presión mecánica y pueden ser llevadas directamente a extracción. El contenido en aceite residual en la harina es función del tiempo de extracción y del grosor de la lámina. Como puede verse en la Figura 2 (9), para alcanzar el mismo nivel de aceite residual sobre una misma base, se requerirá 4 veces más de tiempo para

extractar lámina de 0,5 mm de grosor que para aquellas con 0,25. De la Figura 2, se deduce también, que se necesita mucho más tiempo para extraer las últimas trazas de aceite, aunque se admite de forma general, que estas últimas trazas no son triglicéridos sino fosfátidos mayoritariamente (10).

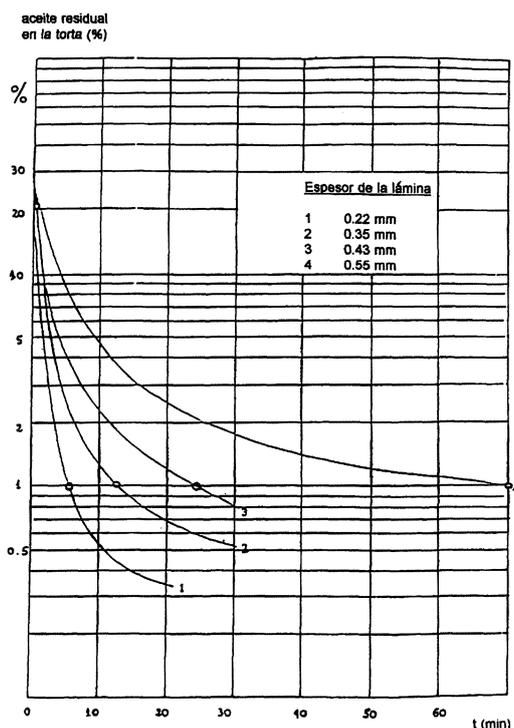


Figura 2
Influencia del espesor de la lámina en la extracción con hexano de la semilla de soja

Resultan aceptables las extracciones con aceite residual por debajo del 1%, pero puede ser necesario ir a niveles más bajos por razones económicas. Es extremadamente importante que el extractor se cargue de láminas de forma regular y que el disolvente también se distribuya de forma regular. Después de la última etapa de extracción con disolvente fresco, se debe dar a la harina un tiempo para drenar el disolvente que retiene. Algunos extractores (como el de cinta transportadora de Lurgi) remueven la capa de harina para eliminar los posibles caminos preferenciales del disolvente y así mejorar la extracción. La temperatura de extracción tiene importancia en la velocidad de la extracción; normalmente se mantiene alrededor de 60°C, aunque en Europa es considerada excesivamente alta y se emplea 50°C por razones de seguridad, lo que conlleva un aumento del tiempo de extracción (11). Otros factores tales como el desvío de semillas rotas, disolvente contaminado con aceite y efectividad de los lavados con disolvente, tienen tam-

bién su influencia en el aceite residual de la harina extractada de soja.

Al final del extractor tenemos dos productos: la miscela y las láminas de soja extractada cargada con disolvente (copos blancos).

La miscela se lleva a destilación y al sistema de recuperación de disolvente. Se aconseja filtrar la miscela antes de la destilación, ya que se evita que el equipo se obture de forma rápida. La filtración mejora la calidad de las lecitinas, pues se observa menor cantidad de insolubles en benceno. La evaporación del disolvente se realiza siempre en varios pasos: normalmente se calienta primero la miscela en un economizador, donde se utiliza como fuente de calor los vapores de hexano caliente que se originan en el desolventizador-tostador de harina. Para separar las últimas trazas de hexano es necesario inyectar vapor directo a presión reducida. Las especificaciones de calidad del aceite crudo desgomado de soja incluye un punto de inflamación mínimo (establecido en 120°) por razones de seguridad. La temperatura durante la destilación de la miscela debería mantenerse tan baja como sea posible, teniendo en cuenta este punto de inflamación, porque los fosfátidos presentes en el aceite crudo podrían ser transformados en no hidratables, y no se podrían separar mediante desgomado con agua.

En los condensadores se licúan tanto los vapores de hexano como de agua; en este punto resulta muy importante la temperatura del agua de enfriamiento, siendo necesario en algunos casos utilizar torres de refrigeración de agua. El sistema de destilación debe incluir un sistema de recogida de vapores de disolvente de los gases de salida: normalmente se trata de una torre de absorción sobre aceite mineral que reduce el contenido en hexano hasta límites aceptables dentro de las leyes de seguridad y medio ambiente. Todos los gases de salida se tratan en este sistema de absorción, lo que hace que las pérdidas de disolvente se reduzcan al mínimo; el objetivo a conseguir sería un máximo de consumo de hexano de 0,2 kg, por 100 kg, de semilla de soja tratada.

El aceite de soja crudo exento de disolvente se desgoma ya que en caso contrario, los fosfátidos presentes se depositarían en los tanques de almacenamiento con los problemas que ello acarrea. El desgomado que se realiza en las plantas extractoras es con agua, aunque avances más recientes en conexión con la refinación física, exigen un tratamiento adicional, por ejemplo con ácidos de calidad alimentaria diluidos. Para desgomar aceite de soja lo normal es añadir un 2% de agua blanda caliente (como los condensados de vapor) bajo fuerte agitación, dejando luego un tiempo de contacto, como mínimo 15 minutos en un tanque de retención, que permita a los fosfátidos hidratarse (12). La mezcla de gomas y aceites se separa mediante centrifugación en las dos fases que la componen. El barro que se obtiene es una mezcla de agua y de fosfátidos que, o bien se añade tal cual a la harina de soja

en el tostador, o bien se seca en evaporadores continuos de capa fina o de tipo discontinuos. El producto seco resultante de este último tratamiento es la lecitina comercial que se emplea como agente emulsificante o antiapelmazante en una amplia variedad de preparados, siendo este subproducto de la soja, su única fuente en la actualidad. Es un fluido viscoso que necesita ser almacenado sobre 50°C para que tenga una viscosidad lo suficientemente baja que permita su bombeo, pero que no oscurezca el producto durante su almacenamiento.

El aceite desgomado se seca finalmente bajo vacío. Químicamente, el aceite de soja es un conjunto de triglicéridos, cuya composición en ácidos grasos es aproximadamente 11% de palmítico, 4% de esteárico, 24% de oléico, 53% linoléico y 8% de ácido linoléico.

En la comercialización de aceites es importante que ciertos parámetros sean conocidos y que el comprador y el vendedor tengan un acuerdo a la hora de evaluar la calidad y resolver cualquier diferencia entre ellos. Las especificaciones más usuales se recogen en la Tabla II (13).

Tabla II
Aceite de soja crudo desgomado

| | |
|--------------------------------|------------|
| Insaponificable | 1,5% máx |
| Acidez libre | 0,75 % máx |
| Humedad, volátiles e impurezas | 0,30 % máx |
| Punto de inflamación | 250°F mín |
| Fósforo | 0,02 % |

El otro producto de salida del extractor son los copos de soja extractados cargados con una cantidad de disolvente de aproximadamente 30% de hexano. Se requieren varias etapas de procesamiento antes de que la harina de soja sea aceptable para la alimentación animal. En un único aparato se realizan normalmente dos etapas: desolventizar y tostar. Durante la estancia en este aparato, el desolventizador-tostador o DT, se barajan tres variables importantes: tiempo, temperatura y humedad. El aparato consiste en un recipiente vertical conteniendo varias bandejas calentadas con vapor, un sistema de movimiento con agitadores, posiblemente equipado con inyección de vapor directo en la harina y con dispositivos para la descarga de vapores por la parte superior y de harina por la parte inferior. En la parte superior, el hexano se evapora mediante la inyección de vapor directo, causando al mismo tiempo un aumento de la humedad hasta un 20% aproximadamente, debido a la condensación del vapor.

En las bandejas de la parte inferior, los copos se calientan hasta 110°C aproximadamente y el contenido en humedad se reduce hasta 16/17°C. El tiempo de residencia de la harina en el desolventizador tostador

ronda los 20 minutos. Esta operación completa es necesaria básicamente para destruir factores antinutricionales presentes en la harina, pero, sin embargo, es necesario no sobrecalentar la harina para no desnaturar la proteína. Además, se debería destacar que el disolvente que permanece en la harina no sólo representa una pérdida muy alta de hexano, sino también es un riesgo muy serio ya que el disolvente se irá liberando en los silos de forma gradual.

La harina de soja pasa seguidamente a los secadores y enfriadores donde el nivel de humedad disminuye hasta 12,5-13% y donde se enfría la harina hasta un punto lo más próximo posible a la temperatura ambiente, lo que evita la formación de bolsa de aire en los silos. Ambas etapas se pueden llevar a cabo en un único aparato, aunque muchos extractores prefieren dos, ya que sólo la semilla de soja necesita ser tratada con vapor vivo, mientras que otras semillas no necesitan secado. La harina suele molerse para obtener un producto de tamaño de grano constante.

Las especificaciones de calidad de la NSPA (15) para harina de soja se muestran en la Tabla III. En los contratos de compra-venta pueden ser incluidos otros requerimientos de calidad. Así, para un pienso compuesto es bastante importante incluir la Actividad Ureásica; este ensayo es un medio rápido y relativamente barato de medir la calidad de la proteína y controlar un tostado correcto de la harina de soja. Una harina de soja de buena calidad debería tener una actividad ureásica entre 0,3 y 0,5 expresada como miliequivalentes de NH₃ y un incremento de pH desde 0,05 hasta 0,2. El primer método es el que se ha adoptado en la Unión Europea mientras que el segundo está normalizado por la A.O.A.C.

Tabla III
Especificaciones típicas de la harina de soja

| | 44% Proteína | 49% Proteína |
|----------|--------------|--------------|
| Proteína | 44,0 % mín | 49,0 % mín |
| Grasa | 0,5 % mín | 0,5 % mín |
| Fibra | 7,0 % mín | 3,3 % máx |
| Humedad | 12,0 % mín | 12,0 % máx |

Una harina de soja relativamente popular en el mercado internacional es «profat 44%» que significa que el contenido conjunto de grasa y proteína supone un 44%. Se aconseja en este producto especificar separadamente un contenido mínimo en proteína.

4. NUEVOS AVANCES

Un área donde podemos esperar nuevos avances de forma rápida es en el campo de técnicas analíticas

y, por tanto, de control de calidad. La técnica de *Reflectancia en el Infrarrojo Cercano* representa una herramienta muy interesante a la hora del control de procesos y automatización, aunque su aplicación práctica aún no es muy amplia.

Dentro del área de procesos, se han propuesto algunos nuevos desarrollos por parte de empresas de ingeniería. El *proceso de expansión* para la preparación de los copos y pre-tortas antes de la extracción dice suponer un ahorro en el consumo de vapor, energía eléctrica y disolvente. Este nuevo proceso implica añadir un sistema de extrusión y enfriamiento antes de la extracción y combina el ya conocido beneficio del laminado a la hora de romper las células que contienen el aceite, con el beneficio añadido de la extrusión explosiva, que actúa para consolidar los finos dentro del «extrusionado», lo cual reduce canalizaciones y bloqueo del lecho dentro del extractor. El proceso combinado requiere mucha menos atención en el laminado, con un menor desgaste de los rodillos y menor tiempo en la molienda. Además, los copos blancos que pasan al D.T. arrastran sobre el 50% menos de disolvente, lo que supone un ahorro de vapor importante, ya que hay que evaporar menos disolvente.

Lurgi propone el proceso ALCON. Se sabe que la presencia de fosfátidos no hidratables en el aceite de soja son consecuencia de reacciones enzimáticas. Se ha demostrado (14) que mediante tratamientos con calor de las láminas de soja antes de la extracción, es posible obtener un aceite crudo desgomado de soja que puede ser procesado sólo con tratamiento con tierras de blanqueo y desodorización; esto representa nuevas posibilidades para la refinación física (15), lo que ofrece ventajas tales como un incremento de la capacidad y una reducción de las etapas de la refinación pues no hay necesidad de tratamientos químicos antes de someter al aceite al tratamiento con vapor y reduce el consumo de energía.

Lurgi ofrece un nuevo proceso de desgomado enzimático. Este proceso está siendo ensayado en estos momentos a escala de planta piloto, con resultados muy prometedores (16). Se han propuesto otros métodos de desgomado, tales como el Super-degumming (UNILEVER), TOP-degumming (Vandemoortele) y SOFT-degumming (Tirtiaux), este último utiliza AEDT como agente quelatante (21).

Otro avance, relativamente nuevo en su desarrollo, ha sido el desolventizador-tostador-secador-enfriador (DTDC) que lleva a cabo estas cuatro operaciones aunque sólo en tres etapas. Supone una solución más simple y económica, ya que todos los sistemas de transporte intermedios entre una y otra etapa se eliminan, a la vez que su robusto diseño reduce al mínimo los costes de personal, operación y mantenimiento. Los costes de inversión pueden ser reducidos entre el 20% y el 40% dependiendo del tamaño. Además, el disolvente residual en la torta es mucho más bajo y el consumo total de energía es considerablemente menor que una línea convencional.

Se han propuesto disolventes sustitutos del hexano, dado que es altamente inflamable. Se ha abandonado la idea de disolventes clorinados, ya que son altamente tóxicos. El etanol anhidro se utiliza en estos momentos en ciertos procesos de fabricación de aislados/concentrados después de la extracción normal de aceite a partir de semillas de soja. Se investiga también la posibilidad de la utilización de dióxido de carbono supercrítico como disolvente para la extracción de semillas oleaginosas (17). El paso a escala industrial y el coste de la inversión parecen ser las barreras más importantes para su despegue.

El uso de microondas para secar las semillas y la tecnología de lecho fluido para el secado y enfriado de la harina de soja han recibido atención especial recientemente, ya que se podría reducir tanto la inversión como el consumo de energía (18). Investigadores de la Universidad de Agricultura de Holanda (Wageningen) están experimentando con tornillos sin-fin calentados por infrarrojo. Este tipo de tratamiento fue ideado como una forma de destruir los inhibidores de la tripsina y otros factores antinutricionales en las semillas utilizadas como materia prima antes de la extracción, de forma que la harina sólo necesita ser desolventizada y no tostada. Otras investigaciones se dirigen a la utilización de enzimas durante la extracción, para incrementar su rendimiento en aceite o hacer más digeribles las cáscaras de las semillas.

Otra novedad ha sido la utilización de semillas de soja con su contenido completo en grasa (full fat soybeans, FFSB) como materia prima para la industria de piensos. Este tipo de producto tiene una composición idéntica a la de semilla de soja: 40% de proteína, 19% de aceite y sobre un 6% de fibras. Como ya se indicó, las semillas de soja tienen algunos factores antinutricionales, por lo que resulta necesario desactivar las enzimas. El tratamiento básico es normalmente con calor y, aunque se pueden utilizar varias técnicas, las que se aplican se pueden agrupar en dos categorías: En el proceso de extrusión (19) se fuerza a las semillas a pasar por pequeños orificios. El calor, bien provocado por la fricción en algunos modelos, bien aplicando vapor externamente, cocina la semilla para inactivar los inhibidores de la tripsina que se encuentran en la semilla original. El producto resultante es un producto pulvulento que no necesita molienda adicional. El segundo tipo de procesos se puede denominar genéricamente como secado-cocinado de la semilla completa, mediante calefacción con gases o con infrarrojos durante intervalos breves para completar el cocinado. El proceso de enfriamiento no rompe la semilla, la cual puede ser almacenada completa y normalmente se muele antes de ser mezclada en la dieta. La utilización de FFSB en la alimentación animal representa varias ventajas, ya que además de la proteína, contiene la cantidad total de aceite de soja, por tanto está más enriquecida energéticamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Oil Chemists' Society, Official and Tentative Methods. Champaign (II-USA).
2. U.S. Department of Agriculture, Federal Grain Inspection Service, Inspection Division: The Official U.S. Standards for Grain, Sept. 1985.
3. Barger, W. M. (March 1981). –Handling, Transport and Preparation of Soybeans–. JAOCS. Vol. 58, 154.
4. Nakayama, Y., Saio, K. and Kito, M. (1981). –Cereal Chem–. Vol. 58, 260.
5. Gustafson, E. H. (1978). –Raw Materials Handling and Control–. JAOCS Vol. 55, 751.
6. Solvent Extraction Plants (1978). –National Fire Protection Association–. NFPA 36.
7. Fetzer, W. (1983). –Head-end and tail-end dehulling–. JAOCS Vol. 60, 155 A.
8. Hunt Moore, N. (1983). –Oilseed Handling and Preparation–. JAOCS Vol. 60, 141 A.
9. Private Communication, Ex. Technik (Hamburg, W. Germany).
10. Arnold, C. K., Choudhury, R. B. R. and Chang, H. Y. (1961). JAOCS Vol. 38, 336.
11. Becker, K. (1976). –Solvent Extraction of Soybeans–. JAOCS Vol. 53, 754.
12. Carr, R. A. (1976). –Refining and Degumming Systems for Edible Oils and Fats–. JAOCS. Vol. 53, 765.
13. Yearbook and Trading Rules of the National Soybean Processors' Association, Washington DC.
14. Kock, M. (1983). –Oilseed Pretreatment in Connection with Physical Refining–. JAOCS Vol. 60, 150 A.
15. June (1981). –Refining of Soy Oil. Caustic or Physical? American Soybean Association. Proceedings of the 2nd Soybean Processing Seminar.
16. Dahlke, K. and Buchold H. (December 1995). First Experiences with Enzymatic Oil Refining, INFORM Vol. 5, N.º 12.
17. Friedrich, J. P., List, G. R. and Heakin, A. J. (1982). –Petroleum-free Extraction of Oil from Soybeans with Supercritical CO₂–. JAOCS Vol. 59, 288.
18. Florin, G. and Bartsch, H. R., (1983). –Processing Oilseeds Using Fluidbed Technology–. JAOCS Vol. 60 n.º 2, 145 A.
19. Harper, J. M. (1980). –The Existing Availability and Capacity of Cooker Extruders Including Price, Types of Products and Production Cost. 8th Asean Workshop, Kasetsart University Bangkok (Thailand).
20. USDA-ERS, The Role of Quality in Soybean Import Decisionmaking, Washington, DC, 1995.
21. Defense E., Soft Degumming, 21st World Congress of the International Society for Fat Research, The Hague (The Netherlands), October, 1-6, 1995.