

## **DISEÑO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE CONCENTRADOS PROTEICOS DE SOJA A PARTIR DEL SUBPRODUCTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SOJA POR EXTRUSADO Y PENSADO, MEDIANTE UNA ESTRATEGIA DE ESCALADO EN PLANTA PILOTO**

**D'Emanuele Ares, Carolina**

*Centro de Aplicaciones Informáticas y Modelado en Ingeniería CAIMI-UTN-FR Rosario  
Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Dra. María Agustina Reinheimer y el Dr. Ezequiel Godoy, en el marco del proyecto: "Diseño del proceso para la obtención de concentrados proteicos de soja a partir del subproducto de la extracción de aceite de soja por extrusado y prensado, mediante una estrategia de escalado en planta piloto" (2016-2017), del programa: "Becas Innovación Tecnológica" de la Fundación del Nuevo Banco de Santa Fe*

**Área:** Ingeniería

**Sub-Área:** Alimentos

**Grupo:** Y

**Palabras clave:** expeller de soja, proteínas, extracción

### **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo, se propuso llevar a cabo el escalado de un proceso para la obtención de concentrados proteicos a partir de expeller, subproducto de la obtención de aceite de soja por extrusado y prensado. Dicho método de obtención de aceite de soja representa la tecnología implementada en más de 400 plantas de Argentina. Este tipo de industrias poseen una serie de ventajas: tienen bajos requerimientos de inversión inicial, siendo además de manejo y operatoria relativamente simple.

El expeller de soja prácticamente no es utilizado para consumo humano directo, sino que se destina para alimento balanceado. Por lo tanto, su uso como materia prima, permitiría obtener un producto que podría ser implementado como ingrediente en productos alimenticios, obedeciendo una serie de parámetros de calidad tanto de la materia prima como del producto, definidos en el Código Alimentario Argentino (CAA). Resultados experimentales previos a escala de laboratorio resultaron satisfactorios, dado que permitieron lograr un producto con 65-70% base seca de proteínas, por lo que según la FAO (1992), se puede caracterizar como concentrado proteico cuando contiene como mínimo el 65%. Por otra parte según el CAA, para comercializarlo en Argentina debe contener como mínimo el 70% de proteínas en base seca.

El objetivo del proyecto fue escalar las operaciones unitarias de molienda, extracción y precipitación isoelectrica (principales etapas del proceso), de forma de analizar el rendimiento de las mismas y las características finales (nutricional y de calidad e inocuidad) del producto obtenido. Se determinó el efecto de las variables críticas de proceso (temperatura, pH, tiempo, relación sólido-líquido, entre otras) en el rendimiento y en la calidad del concentrado proteico obtenido.

## METODOLOGÍA

La obtención de concentrados proteicos se realizó mediante el proceso esquematizado en la Figura 1.

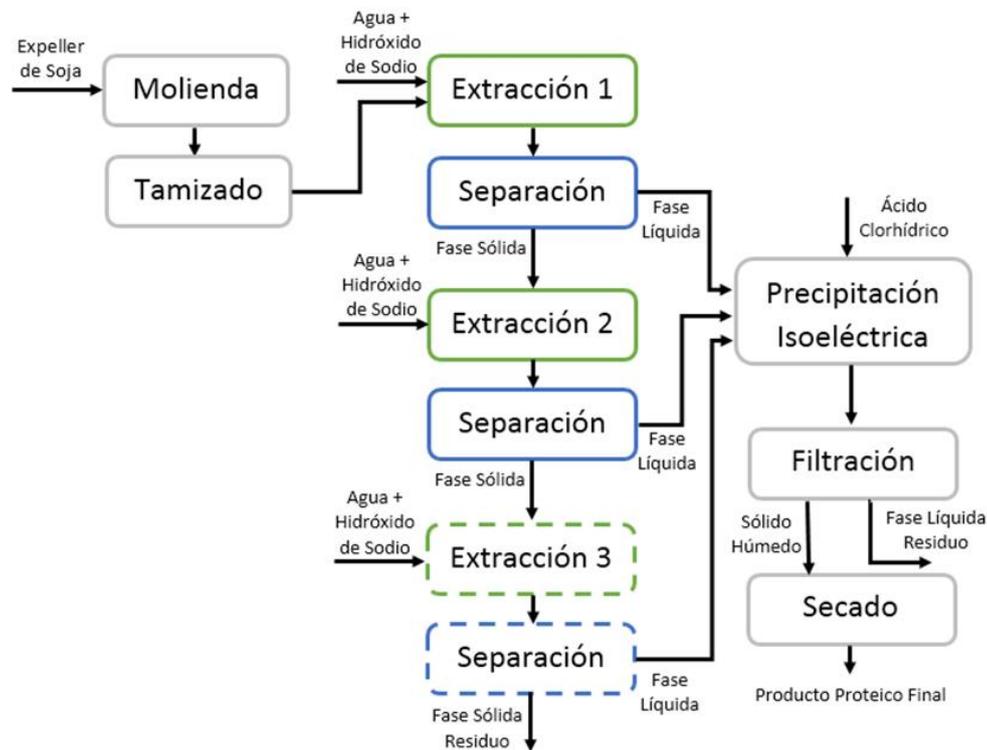


Figura 1. Diagrama del proceso.

### Molienda

El objetivo principal de esta etapa fue analizar la performance del proceso de molienda y tamizado de expeller de soja para su posterior utilización en la obtención de productos proteicos. La molienda se realizó con tres molinos diferentes: de bolas (impacto), de rodillos (cizalla y compresión) y de cuchillas (cizalla), bajo diferentes condiciones de operación. El análisis de tamizado se realizó utilizando la serie de tamices ASTM N° 5, 6, 10, 12, 25, 30 y ciego. Los productos obtenidos se clasificaron en finos, medios, y gruesos, analizándose así los rendimientos de cada fracción en cada molino. Con el fin de predecir el comportamiento de la operación de molienda, se utilizaron las correlaciones de Rosin, Rammler y Sperling para la fracción de gruesos, y Gaudin-Meloy para la de finos, ajustadas con los datos experimentales. Dichas correlaciones permiten calcular la distribución granulométrica a partir de una serie de parámetros conocidos. Asimismo, se calcularon las energías específicas desarrolladas en las moliendas con la Ley de Bond para exponer una comparativa.

Debido a que se obtiene un rendimiento en la fracción de interés mayor al 55% con una distribución de tamaños acorde a la utilizada comercialmente, las muestras para el análisis posterior de la etapa de extracción y precipitación de las proteínas, se procesaron en el molino de cuchillas (Sojамет, Argentina), con una potencia de 1 HP y una velocidad operativa de 2870 rpm.

## **Extracción y Precipitación Isoeléctrica**

El objetivo principal de esta etapa consistió en determinar los parámetros óptimos para el proceso de extracción y precipitación isoelectrica del expeller de soja. En la misma se requirió determinar el factor de escalado de acuerdo a los datos de potencia y volumen, para conocer la relación que guardaban las experiencias ya desarrolladas en laboratorio y las que posteriormente se hicieron en planta piloto.

El equipo extractor que se utilizó consiste en un tanque de vidrio de aproximadamente 12,5 litros de capacidad, provisto de un agitador de hélices girando a 140 rpm y de un serpentín calefactor que funciona con resistencia eléctrica. Las temperaturas de extracción utilizadas fueron de 55, 60 y 65°C, mantenidas mediante calefacción por medio de una serpentina interna con resistencia eléctrica, buscando obtener una condición operativa que permita simultáneamente asegurar la mayor concentración posible de proteína sin dañarla.

En este tanque, se colocó el expeller previamente molido y tamizado, y se agregó agua para llevar la relación de extracción expeller-agua a 1:20 (peso en peso). Se utilizaron 3 muestras de expeller de diferentes empresas de la región.

Antes de cada extracción, se ajustó el pH del medio con solución de hidróxido de sodio, medido mediante pHmetro marca "Hanna" (España), hasta un valor de pH 8,5.

Para cada temperatura anteriormente indicada y cada muestra se efectuaron extracciones en dos ciclos sucesivos. Además al observarse que aún existían proteínas remanentes en el residuo, se realizó una serie de extracciones a 60°C con la inclusión de un tercer ciclo al proceso, para analizar la influencia que este tendría en la concentración de proteína soluble.

El tiempo de operación para cada experiencia de extracción se fijó en 15 minutos, y se tomaron muestras de aproximadamente 10 ml con una jeringa en los tiempos de 2,5, 5, 10 y 15 minutos. Cada muestra fue filtrada dentro de un tubo de ensayo con un embudo provisto con papel filtro de laboratorio.

Para analizar la influencia que tuvieron las variables del proceso previamente seleccionadas, se analizó la cantidad de proteínas solubles. El método que se eligió para la determinación de proteínas en solución es el de Bradford. El mismo consiste en la medición espectrofotométrica de una reacción que desarrolla la proteína con un colorante (Azul de Coomassie G-250). Para la medición de la misma se debió realizar una curva de calibración utilizando como patrón albumina de suero bovino, que se llevó a una serie de concentraciones proteicas conocidas. También se llevó a cabo la preparación del reactivo con el colorante mencionado. Tanto a las soluciones de concentración conocida para realizar la curva de calibración como a las muestras que se tomaron durante la extracción, se les tomó lectura en un espectrofotómetro marca "UV Probe" a 595nm. Se realizó cada medición por duplicado para mejorar la exactitud y disminuir los errores de operación.

Luego de la etapa de extracción, la separación del sólido se realizó en un filtro prensa. El sólido se desechó y el líquido se destinó a la operación posterior de precipitación isoelectrica. Durante la precipitación isoelectrica, los valores de las variables operativas (pH y temperatura) se mantuvieron en los que se adoptaron previamente en los ensayos de laboratorio, por ser variables intensivas (o sea, que no dependen de la masa o el volumen, y no son aditivas). Esta operación se desarrolló para los líquidos de los ciclos de extracción ya unificados. Se utilizó para esta nueva separación, el filtro prensa que se describió con anterioridad. El pH de precipitación fue de 4,5, acidificado con solución de ácido clorhídrico a 20 °C, habiéndose determinado que la precipitación de la proteína se daba casi instantáneamente al acidificarse el medio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a la etapa de molienda, al ser la fracción de interés la correspondiente a las partículas de tamaño medio, se concluye que los molinos de cuchillas y de rodillos son más adecuados debido a que se alcanzan rendimientos superiores al 55% cuando se los opera con una sola pasada. El gasto energético por unidad de masa para los tres molinos y para todas las formas utilizadas, no desarrolló variación apreciable ( $0.077 \pm 0.025$  kWh/ton).

En base a los datos obtenidos durante la etapa de extracción durante las distintas corridas experimentales, se logran las siguientes conclusiones:

- Operar a mayor temperatura redundó en mayores concentraciones finales de proteínas solubles, siempre teniendo en cuenta que a los 72°C, las proteínas pierden sus propiedades funcionales, y esto constituye un factor limitante (Bringe Neal, 1998). Aun así, la mejora del rendimiento es más notable al modificar la temperatura de 55°C a 60°C, que al incrementarla de 60°C a 65°C.
- La temperatura de operación impacta fuertemente en el rendimiento del primer ciclo. Por el contrario, en el segundo ciclo de extracción, la dependencia de la concentración final de proteínas solubles con la temperatura es mucho menor, por lo que convendría trabajar a menores temperaturas, e incurrir en un menor gasto energético.
- La adición de un tercer ciclo de extracción implica un rendimiento incrementalmente menor en proteínas solubles al final del proceso. Por lo tanto, se deberá realizar un análisis costo-beneficio detallado de esta alternativa, considerando la inversión de capital extra necesaria, la variación de los costos operativos, y las potenciales utilidades adicionales generadas.
- En la mayoría de los casos, se observa que la concentración de proteínas solubles se mantiene aproximadamente constante luego de los 10 minutos de extracción, pudiendo acortarse la duración de los ciclos, y así ahorrar en costos operativos.

## CONCLUSIÓN

Se deduce a partir de los resultados conseguidos, que la metodología de escalado adoptada permitió analizar cuales parámetros en las diferentes etapas tienen mayor influencia en el proceso de obtención de concentrados proteicos a partir de expeller de soja.

De esta manera, se logró establecer los criterios generales para el escalado con el fin de brindar a productores pymes de la zona soluciones para el agregado de valor de dicho subproducto.

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

**ANMAT**, 2015. Código Alimentario Argentino. Capítulo XIX: Harinas, Concentrados, Aislados y derivados proteínicos. Consultado en octubre 2013, [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas\\_alimentos\\_caa.asp](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp)

**Bringe Neal, A.**, 1998. Productos con alto contenido en beta-conglicina y su uso. España. Solicitud de Patente ES 2.248.896.

**FAO**, 1992. Technology of production of edible flours and protein products from soybeans. Consultado en <http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e00.htm>