



Recomendaciones para ganar eficiencia en el procesamiento de soja por extrusado-prensado

La eficiencia en la extracción de aceite del poroto de soja durante el proceso de extrusado-prensado está estimada en 70% en Argentina. El logro de mayores rendimientos en la extracción como así también un expeller con mayor uniformidad en su composición, son fundamentales para mejorar el resultado económico de las plantas en su mayoría gestionadas por pequeñas y medianas empresas (PyMEs). El presente artículo, presenta recomendaciones que permiten optimizar su rendimiento. Esta información, surge de un estudio realizado en el marco de una tesis doctoral que constituye un importante aporte al Sistema Agroalimentario Argentino en general y a las empresas del rubro en particular.

A partir del proceso de extrusado-prensado del poroto de soja, se obtienen alrededor de 12-14% de aceite crudo y 86-88% de expeller de soja, que generalmente se comercializan en el mercado interno. El expeller se caracteriza por presentar una alta variabilidad en su composición y calidad, que podría atribuirse en parte al tipo de equipamiento y las condiciones del procesamiento, tales como presión y temperatura durante el extrusado. Sin embargo, también

puede deberse a la composición de la materia prima utilizada y particularmente a su contenido de humedad.

En Argentina se encuentra en vigencia la norma XIX para subproductos oleaginosos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (1999) que establece como límites máximos 12,5% de humedad, 9% de aceite, y 0,2 u pH para actividad ureásica en expeller de soja. Sin embargo, no se han establecido condiciones de humedad óptimas para el

Gisele Maciel^{1,3}
Jorge Wagner^{2,3}
Ricardo Bartosik¹

¹ Instituto para la Innovación Agropecuaria y el Desarrollo Sostenible (INTA Balcarce-CONICET)

² Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³ Universidad Nacional de Quilmes
maciel.gisele@inta.gob.ar

Edición de texto: **Claudia Ischia**



procesamiento del poroto de soja. Sólo existen recomendaciones informales de los fabricantes de los equipos de extrusado para procesar la soja con una humedad entre 10 y 11% a fin de maximizar la extracción de aceite. Teniendo en cuenta que la humedad base de comercialización de soja en Argentina es 13,5%, esta sugerencia implica la eliminación de hasta 3,5 puntos porcentuales extras de humedad.

Metodología

Para evaluar la composición y la eficiencia de extracción se tomaron de muestras de poroto y expeller de soja recolectadas durante tres días consecutivos de once PYMEs de extrusado-prensado, localizadas en las principales regiones productivas de la Argentina: seis plantas localizadas en la provincia de Buenos Aires, dos en Santa Fe, dos en Córdoba y una en Entre Ríos. A estas muestras se les realizó análisis de composición por NIRS (FOSS, NIRSystems 6500, Dinamarca), se estimó la eficiencia de extracción de aceite a partir de la composición del poroto y del expeller, se determinó la actividad ureásica y la humedad de granos individuales, que se determina grano a grano, mientras que la humedad que generalmente vemos reportada se determina sobre una masa de granos.

Composición y variabilidad del poroto y del expeller de soja

La composición tanto del poroto como del expeller de soja presentaron una importante variabilidad. Por un lado, **el poroto presentó una humedad en promedio de 10,6%** y se encontraron niveles entre 7,4 y 13,4%. El contenido de **proteínas y aceite del poroto en promedio fueron 37,7% y 20,1%**, respectivamente. Por otro lado, **el contenido de humedad promedio del expeller fue 6,6%**, aunque **mostró una gran dispersión**, con una humedad mínima de 3,9% y una humedad máxima de 12,3%. **El promedio de proteína de todas las muestras de expeller analizadas fue de 43,8%** (con un rango entre 39,4 - 48,0%) y de aceite de 8,8% (con un rango entre 5,5 - 15,5%).

El contenido de proteína del expeller de soja promedio observado fue del 44,5%, cifra inferior al límite mínimo que establece la norma XIX para subproductos oleaginosos como base para la comercialización de este subproducto. Esto también fue observado en otros trabajos y **podría estar asociado a la tendencia de baja en el contenido de proteínas en poroto de soja que se ha registrado en los últimos años en nuestro país.**

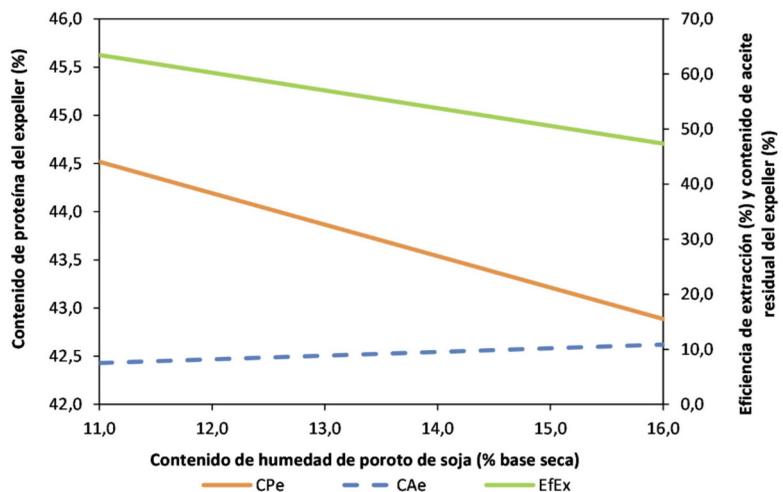


Figura 1 | Efecto del contenido de humedad del poroto de soja (expresado en base seca) en la eficiencia de extracción de aceite (EfEx), y en los contenidos de proteína (CPe) y de aceite (CAe) del expeller de soja. Nota: 11% de humedad equivale a 12,4% de humedad en base seca

El contenido de aceite residual del expeller de soja es la fracción de este componente que queda remanente en el producto luego de la extracción por extrusado-prensado. **El valor promedio obtenido en este estudio fue del 10,3%, inferior al límite máximo que establece la norma XIX para este subproducto. Sin embargo, se registraron valores del 15,5% que superan el límite permitido, dato importante a tener en cuenta porque cuando ocurre, se aumenta la susceptibilidad al enranciamiento, que puede traducirse en la aparición de sabores y olores indeseables, que finalmente causan el rechazo por parte de los animales que lo consumen.**

En tanto, la actividad ureásica promedio fue de 0,1 u pH con un rango entre 0 - 0,6 u pH. Esto demuestra que no siempre se logran desactivar los factores antinutricionales. **Se considera que el proceso de desactivación fue adecuado cuando el nivel de actividad es inferior a 0,2 u pH, como lo manifiesta el valor máximo de actividad ureásica observado. Esto también debe ser controlado cuando el expeller se destina a la formulación de alimentos balanceados.**

Eficiencia de extracción de aceite de expeller de soja

La eficiencia de extracción de aceite por extrusado-prensado obtenida en este trabajo fue en promedio 56%, con un rango entre 22,8% y 74,7%. En promedio fue más baja de la esperada de acuerdo con la literatura consultada, que se registra en alrededor del 70% en condiciones estandarizadas. Esto implicaría que, **en la mayoría de las plantas relevadas hay algún factor que estaría limitando la extracción de aceite.** Algunas de las variables independientes críticas que pueden afectar el proceso de extrusado son la temperatura, la velocidad del tornillo de la extrusora y la humedad de la materia prima.

Se sabe que las propiedades viscoelásticas del poroto de soja se ven afectadas en menor medida por la temperatura y en mayor medida por el contenido de humedad. Esto se debe a que **un mayor contenido de humedad del poroto en el ingreso al proceso de extrusado da como resultado una menor viscosidad en el producto y una menor relación de conversión de energía mecánica en energía térmica durante el proceso**

de extrusión, alcanzando temperaturas más bajas durante el extrusado. Lograr temperaturas por encima de 135 °C durante el extrusado es necesario para inactivar los factores antinutricionales y también para que el expeller asuma un estado fluido que facilite la extracción de aceite. **Por lo tanto, se podría hipotetizar que a medida que aumenta la humedad del poroto de soja, los cambios en las propiedades viscoelásticas que se producen durante el proceso de extrusión no permitirían alcanzar altas temperaturas y, en consecuencia, se limitaría la extracción de aceite e incrementaría el riesgo de no desactivar los factores antinutricionales.**

A partir de la información generada en este trabajo, se establecieron correlaciones entre parámetros de composición del poroto y del expeller de soja y se comprobó que el contenido de humedad del poroto fue el factor más determinante de la composición del expeller (Figura 1).

Aquí se observa que a medida que la humedad del poroto de soja que ingresa a la extrusora aumenta (de izquierda a derecha), la eficiencia de

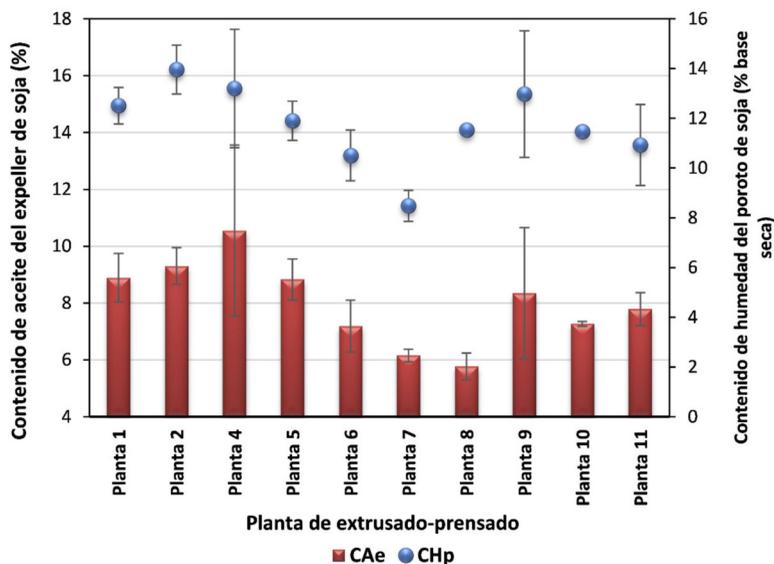


Figura 2 | Valores promedio del contenido de aceite residual del expeller de soja (CAe) y de contenido de humedad del poroto de soja (CHp) de muestras recolectadas de diferentes plantas de extrusado-prensado. Las barras de error indican la desviación estándar

extracción de aceite disminuye (línea verde). Consecuentemente se incrementa el contenido de aceite residual del expeller de soja (línea punteada

azul), y se reduce el contenido de proteína del expeller (línea naranja). De este modo, si el procesamiento de poroto de soja (20,7% de aceite y

39,1% de proteína) se lleva a cabo con un contenido de humedad cercano al 13,5% establecido para la comercialización en Argentina (equivalente a 15,6% en base seca), se logra una eficiencia muy baja de extracción de alrededor del 48,7%. Por otro lado, si la humedad del poroto fuera 11% (equivalente a 12,4% en base seca), la eficiencia de extracción aumentaría a 58,9% y el expeller de soja resultaría con un menor contenido de aceite residual (1,9 puntos porcentuales menos) y un contenido de proteínas más alto (1 punto porcentual más).

La mayoría de las plantas de extrusado-prensado generalmente compran soja con una humedad cercana al 13,5% estipulado para la comercialización. Por lo tanto, contar con sistemas de secado para reducir el contenido de humedad del poroto de soja previo al procesamiento permite aumentar la eficiencia de extracción de aceite y la cantidad de proteína en el expeller. A su vez, ayuda a incrementar el rendimiento económico de este tipo de procesos y a producir expeller de soja con un mayor valor nutricional. Por otra parte, procesar porotos de soja a 11% de humedad facilita la inactivación de los factores antinutricionales.

Calidad y variabilidad intra-planta del expeller de soja

La Figura 2 muestra los valores promedios y los desvíos para el contenido de humedad del poroto de soja y para el contenido de aceite residual en el expeller de soja de las muestras recolectadas en diez de las once plantas de extrusado-prensado evaluadas. En esta figura se aprecia claramente que cuando hay una importante variabilidad en la humedad del poroto de soja dentro de mismo establecimiento, también hay una importante variabilidad en el contenido de aceite residual del expeller obtenido (ej. plantas 4 y 9).

La variabilidad en la humedad de procesamiento de soja intra-planta observada indica la falta de conocimiento respecto del efecto que este factor representa en el desempeño del extrusor y sus con-

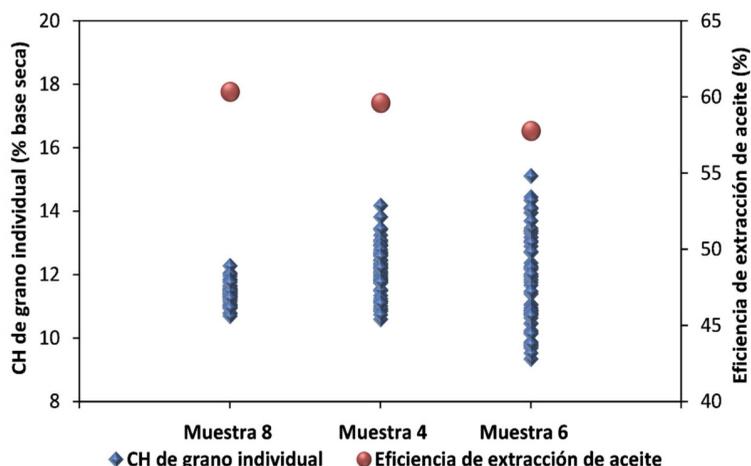


Figura 3 | Variabilidad del contenido de humedad de grano individual de tres muestras (baja, intermedia y alta variabilidad) de poroto de soja y eficiencia de extracción de aceite por extrusado-prensado.

Nota: CH es contenido de humedad

secuencias en la calidad y composición del expeller obtenido. Esto revela que los fabricantes de alimentos balanceados podrían tener dificultades para conformar dietas uniformes, incluso con expeller de soja proveniente de una misma planta de procesamiento, especialmente si no cuenta con un procedimiento confiable para controlar la humedad del poroto de soja antes de su tratamiento.

Efecto de la variabilidad de humedad de granos individuales de poroto de soja en la eficiencia de extracción

En la Figura 3 se puede observar la dispersión en la humedad de granos individuales de tres muestras analizadas. Las muestras 8, 4 y 6, cuya humedad promedio es similar (entre 10,2 y 10,8% que es equivalente a 11,4 y 12,1% en base seca), presentan una dispersión de humedades muy diferente. En la muestra 8 se encontraron en mayor frecuencia granos con la misma humedad individual mientras que en la muestra 6 los granos tienen humedades muy variables y abarcan un rango de dispersión de humedades mayor.

En función de los resultados que se han obtenido en este y otros trabajos, se puede apreciar que la humedad de cosecha del material, el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta su procesamiento, y la realización de un tratamiento de acondicionamiento, como por ejemplo el secado, son las principales causas que afectan la homogeneidad en la humedad de los granos individuales. Cerca del 80% de las plantas procesadoras de soja por extrusado-prensado cuentan con sistemas de secado para acondicionar el poroto, y ya se ha establecido la importancia de controlar la humedad de un lote de soja para maximizar la eficiencia de extrusado. Sin embargo, conviene considerar que el secado artificial es una fuente importante de variabilidad para el contenido de humedad del grano individual, especialmente cuando el secado se realiza a altas temperaturas. Reducir la temperatura de secado podría reducir la variabilidad de la humedad. A su vez, si los granos secados son almacenados previo a su procesamiento la humedad con la que se procesa el material tiende a estar más equilibrada y presenta mayor homogeneidad. **Por lo tanto, almacenar el producto durante algunos días luego del secado y previo a su procesamiento es una práctica recomendable.**

Conocer las principales fuentes de variabilidad de la humedad de granos individuales y cómo se puede prevenir podría servir para tomar medidas tendientes a reducir la variabilidad encontrada en la materia prima y, por lo tanto, también mejorar el rendimiento del proceso de extrusado-prensado.

La Figura 3 muestra además la relación entre la humedad de los granos individuales y la eficiencia de extracción de aceite por extrusado-prensado para las tres muestras mencionadas anteriormente. **A medida que aumenta la variabilidad en el contenido de humedad de la muestra 8, de baja variabilidad, a la muestra 6, con alta variabilidad; la eficiencia de extracción de aceite disminuye de 60,3 a 57,8%, respectivamente.** Este efecto podría deberse a que la humedad afecta las propiedades viscoelásticas de los granos individuales y, en consecuencia, afecta la energía requerida y el rendimiento general del proceso de extrusión.

Resulta conveniente evitar la realización de mezclas de lotes de soja con diferentes humedades. Por ejemplo, si se mezclan lotes de grano con 9 y 13% de humedad para conformar un lote de procesamiento con alrededor de 11% de humedad, seguramente al evaluar el nivel de humedad en la masa de granos en promedio tendría una humedad deseada (11%). Sin embargo, el grano no estará a esa humedad y eso podría afectar la eficiencia de extracción debido a que estamos procesando granos a 9 y a 13% de humedad. **En caso de no tener alternativa, recomendamos el almacenamiento de la mezcla de granos previo a su procesamiento.**



CONCLUSIONES

Con el presente estudio se confirmaron los valores composicionales típicos del expeller de soja presentados por otros autores y su probable rango de variación.

Se logró determinar que la principal fuente de variación composicional del expeller es la variabilidad en el contenido de humedad del poroto procesado.

La variabilidad en la humedad de granos individuales del poroto podría reducir la eficiencia de extracción de aceite.

Se estableció que la humedad óptima de procesamiento a los efectos de maximizar la eficiencia de extracción, lograr una composición uniforme del expeller, aumentar el contenido proteico en el expeller y asegurar la desactivación los factores antinutricionales se encuentra entre 9 y 10% (esto es entre 9,9 y 11,1% en base seca).

La información alcanzada con la presente investigación reviste importancia al poner resultados de conocimiento científico de utilidad para el sistema productivo. Permite a los procesadores ajustar sus protocolos de trabajo para eficientizar el proceso y lograr un producto (expeller) de mejor calidad y menor variabilidad composicional

