

EL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN CEREALES Y HABAS DE SOJA I. EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES

A. Valls Porta
Cotécnica

1. INTRODUCCIÓN

La extrusión es definida como "el proceso que consiste en dar forma a un producto, forzándolo a través de una abertura con diseño específico". Así pues, la extrusión puede o no implicar simultáneamente un proceso de cocción.

Centrándonos en el proceso de extrusión aplicado al tratamiento de cereales, oleaginosas y pienso, podemos decir que la extrusión consiste en hacer pasar a través de los agujeros de una matriz, la harina de estos productos a presión por medio de un tornillo sinfín que gira a cierta velocidad.

Este proceso de extrusión se puede efectuar con el acondicionamiento de la harina antes de la extrusión por medio de vapor o sin vapor y según sea el caso nos dará dos métodos:

- húmedo
- seco

Dentro del proceso de extrusión en húmedo podemos diferenciar a la vez dos tipos, el de corto tiempo y alta temperatura y el de cocción a presión en función del tipo de acondicionador y extrusora.

2. ACONDICIONADORAS Y EXTRUSORAS DE CORTO TIEMPO/ALTA TEMPERATURA

El proceso de acondicionamiento implica una serie de etapas:

- Acondicionamiento a presión atmosférica por medio de vapor y agua a una temperatura de salida del producto de 70-100°C.

- Un método de aplicación del agua añadida ya sea vapor o agua muy uniforme.
- Una configuración del extruder diseñado para trabajar con el producto acondicionado.
- Un medio de elevar la temperatura en el extruder hasta 200°C durante un corto periodo de tiempo, entre 10 y 25 segundos.
- Una matriz capaz de dar forma al producto procesado.
- Un sistema de corte del producto elaborado.

3. ACONDICIONADORA Y EXTRUSORA A PRESION

Este proceso implica las siguientes fases:

- Alimentación del producto a procesar en una cámara a presión con aplicación de vapor a presión reducida.
- Tiempo de cocción desde el inicio al final del proceso entre 2 y 10 minutos.
- Matriz que da forma.
- Cortador del producto elaborado.

Estos procesos descritos tienen diferentes aplicaciones en el campo industrial.

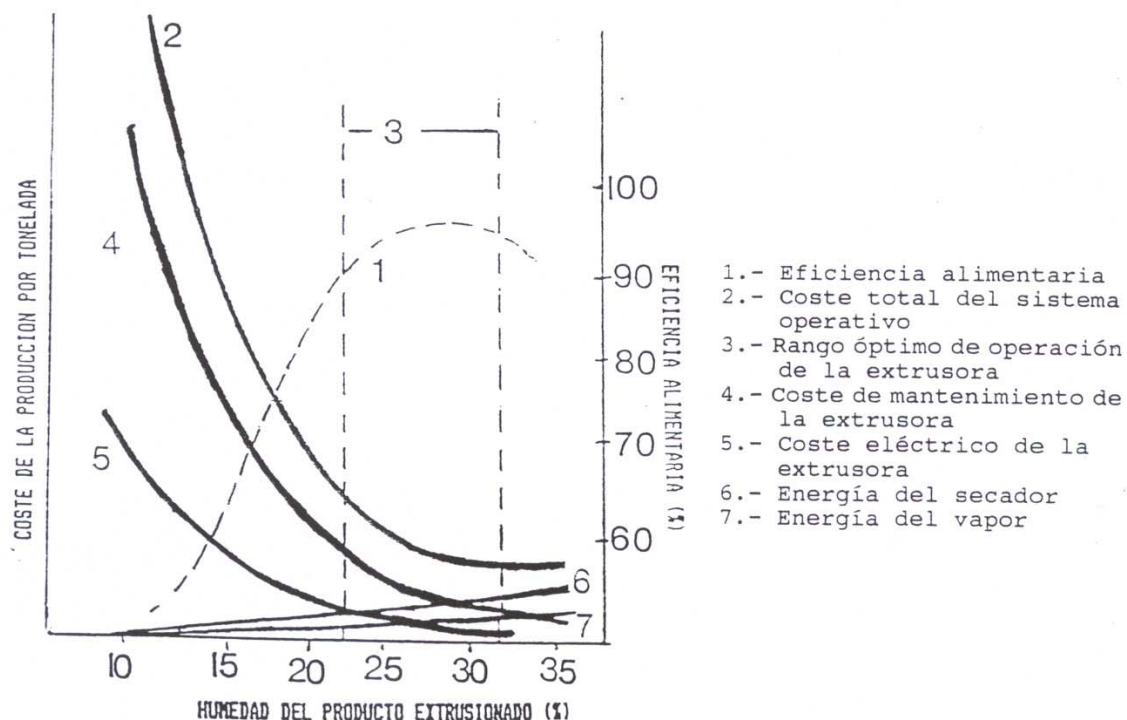
4. EL PROCESO DE EXTRUSION EN SECO

Es posible usarlo en productos con elevado contenido en aceite, como por ejemplo para el procesado de habas de soja, puesto que el propio aceite lubrica el paso por la matriz. Este procedimiento de extrusión en seco tiene el inconveniente de alcanzar temperaturas muy elevadas, a diferencia del proceso en húmedo, con lo que disminuye la lisina disponible. En cambio, este procedimiento no es posible aplicarlo a cereales o piensos, por la imposibilidad física de trabajar con la máquina a este nivel de humedad.

5. EL PROCESO DE EXTRUSION EN HUMEDO

En la extrusión en húmedo es muy importante conseguir que el producto a procesar esté bien molturado, que podamos regular la temperatura de las diferentes secciones del proceso para conseguir la máxima calidad nutritiva del producto, y que el agua y el vapor sean adecuados para conseguir el nivel de humedad necesarios, la presión y la superficie de apertura de la matriz idóneos para que el producto salga con la máxima calidad y el mínimo coste (ver figura 1).

Figura 1. Efecto de la humedad del producto extrusionado sobre el coste de producción y la eficiencia alimentaria (Wenger Manufacturine, INC)



NOTA: 1.

Un índice cuantitativo que representa una suma de características alimentarias. Estas características incluyen:

- Relación de eficiencia alimentaria.
- Durabilidad del producto.
- Retención de nutrientes.
- Planta de extrusión del producto.
- Coste de la fórmula.

NOTA: 2

Coste operativo, basado en los datos de producción de la planta.

NOTA: 3

Efectos de incrementar la extrusión por la humedad.

- Dramática reducción del desgaste del extruder.
- Dramática reducción del consumo de energía eléctrica.
- Incremento moderado del consumo de energía en la caldera de vapor.
- Incremento moderado en el coste de secado.
- Incremento de la eficiencia alimentaria.
 - Mejor retención de nutrientes.
 - Mejora el rendimiento de la alimentación.
 - Mejora la durabilidad del producto.
 - Disminución de finos.

Una vez hemos obtenido el producto extrusionado procedente de una extrusión en húmedo, es necesario secarlo, puesto que sale de la extrusora a un nivel de humedad del 22-30%. El producto se seca mediante una corriente de aire caliente hasta conseguir una humedad final entre 7-12%.

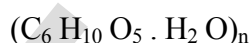
6. ¿QUE HA OCURRIDO EN EL PROCESO DE EXTRUSION?

En la extrusión de cereales o piensos el producto se ha ido humedeciendo hasta alcanzar una humedad entre el 22-30% y la temperatura se va incrementando por la transformación de la energía mecánica en calor en el mismo cañón del extruder, por la configuración del extruder que asegura las condiciones de fricción y cizallamiento adecuado. El agua es sometida a temperaturas muy superiores a las de su vaporización, pero permanece en estado líquido porque se encuentra sometida a elevadas presiones (varias decenas de atmósferas). En el momento en que el producto sale por el agujero de la matriz, el agua que está íntimamente mezclada con el producto sufre un brusco cambio de presión y se evapora instantáneamente. Es por ello que el producto sufre una expansión y las cadenas proteicas así como las de almidón son modificadas, aumentando la superficie y haciéndose más atacable por los enzimas, con lo que el producto se hace más digestible.

7. EFECTO DE LA EXTRUSION SOBRE LOS ALMIDONES

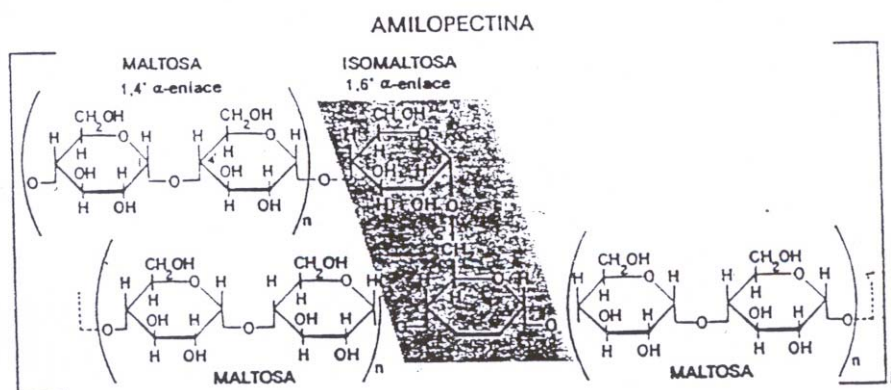
El almidón es un hidrato de carbono que se encuentra principalmente en los cereales, tubérculos y otras semillas. Al igual que la celulosa, es un polímero de glucosa, con la diferencia de que en el almidón las moléculas de glucosa están ligadas por un enlace α 1-4 en lugar del β 1-4 de la celulosa.

El almidón se encuentra en los cereales en forma de gránulos pequeños de diferente formas -esféricos, ovalados, lentillas, irregulares- en función de su origen. Dentro de los cereales el almidón existe en forma hidratada, polimérica y formando un entramado cristalino. Su composición química responde a una fórmula empírica:



Cuando el almidón se trata en agua caliente aparecen dos fracciones, el componente más soluble la amilasa que se disuelve y la amilopectina que permanece insoluble. En los cereales la amilasa viene a representar el 10-20% y la amilopectina el 90-80% del almidón total.

La estructura de la amilopectina es la siguiente:



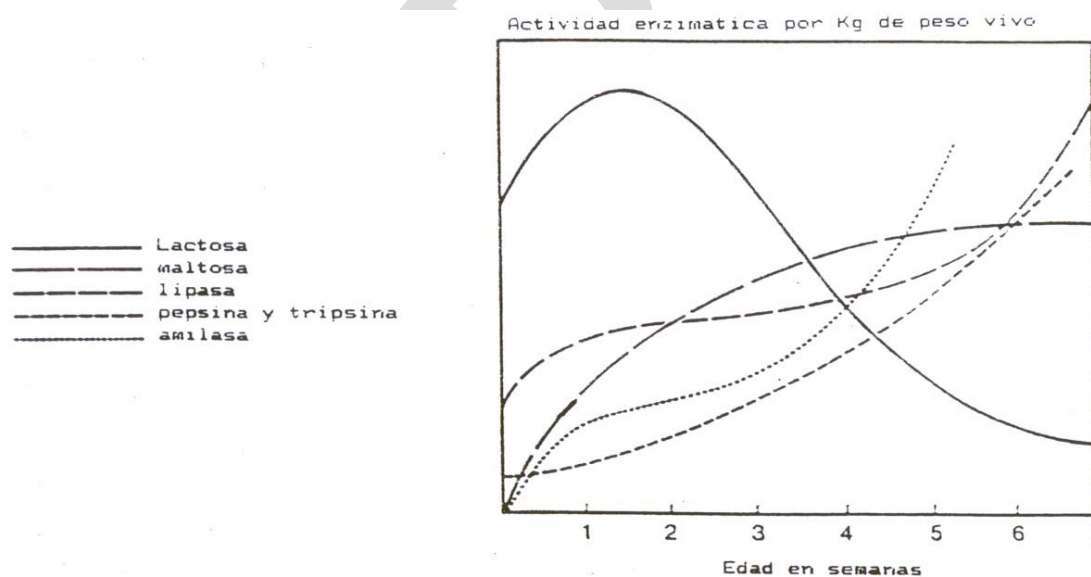
La amilopectina está formada por las mismas unidades de glucosa que la amilasa, pero difiere en que tiene una estructura molecular que no es lineal.

Las proporciones principales de su cadena están unidas por enlaces 1-4 de α -glucosa que produce maltosa como primer producto de digestión, pero las ramas están unidas por enlaces 1-6 α , enlaces que originan el producto isomaltosa antes de su digestión final a d-glucosa.

La enzima β -amilasa que se encuentra en las plantas ataca sólo el enlace 1-4. Hidroliza por completo la amilasa, pero disgrega solamente un 60% de la amilopectina. La restante estructura polimérica que contiene una alta proporción de 1-6 enlaces se llama dextrina.

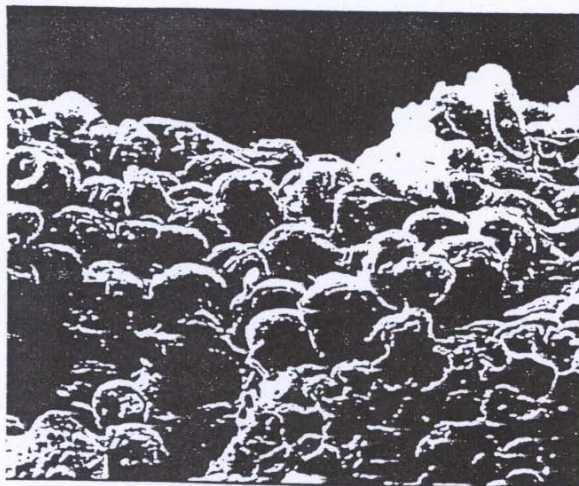
La α -amilasa, la enzima que disgrega el almidón en el aparato digestivo de los animales, puede hidrolizar los 1-4 enlaces en ambos lados de los puntos de ramificación 1-6 produciendo oligosacáridos muy pequeños que son de nuevo descompuestos a glucosa por la oligo- 1-6- glucosidasa de la mucosa intestinal. Esta enzima separa los enlaces 1-6 de las dextrinas y disgrega la isomaltosa resultante en unidades de glucosa. La enzima maltasa divide la maltosa en glucosa.

Figura 2. Actividad de los enzimas digestivos en el lechón (Kirchgessner et al., 1966)

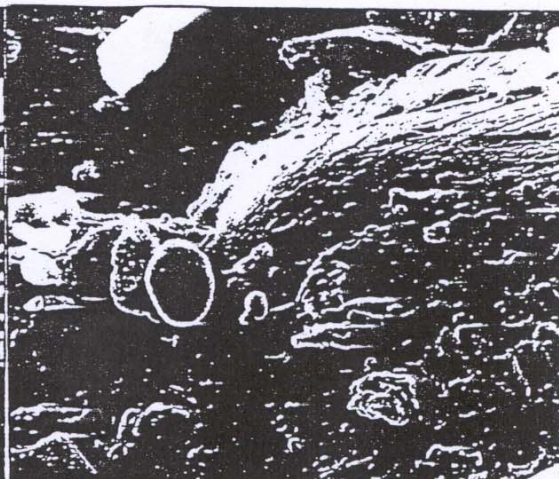


El problema en lechones, según el gráfico adjunto, es que su aparato digestivo en las primeras semanas de vida no está maduro y la segregación de maltosa y amilasa son insuficientes para dietas ricas en cereales. Es por ello que el suministro de cereales extrusionados, con un elevado grado de gelatinización de los almidones, facilita la digestión de los almidones haciendo el conjunto de la dieta más digestible y evitando así problemas sanitarios, favoreciendo un mayor consumo y un mayor crecimiento diario.

En el proceso de extrusión, el gránulo de almidón absorbe agua y en el instante de salida de la matriz de la extrusora, el agua sometida a presión pasa a la forma de vapor y el almidón sufre un proceso de alineamiento, rizado y rotura tal como se muestra en las fotografías siguientes.



Maíz no procesado
(fotografía electromicroscópica)



Maíz extrusionado (la mayoría de gránulos están gelatinizados, la estructura cristalina está total o parcialmente destruida).

El método analítico para determinar la calidad del producto procesado en forma cuantitativa es el método enzimático de la glucoamilasa. Este método mide el % de gelatinización (grado de cocción), que es la cantidad de almidón gelatinizado en la muestra expresada como un porcentaje del total del almidón.

El cambio sufrido en la estructura de los cereales durante la extrusión es de tal magnitud, que podríamos decir que el producto resultante es un nuevo producto.

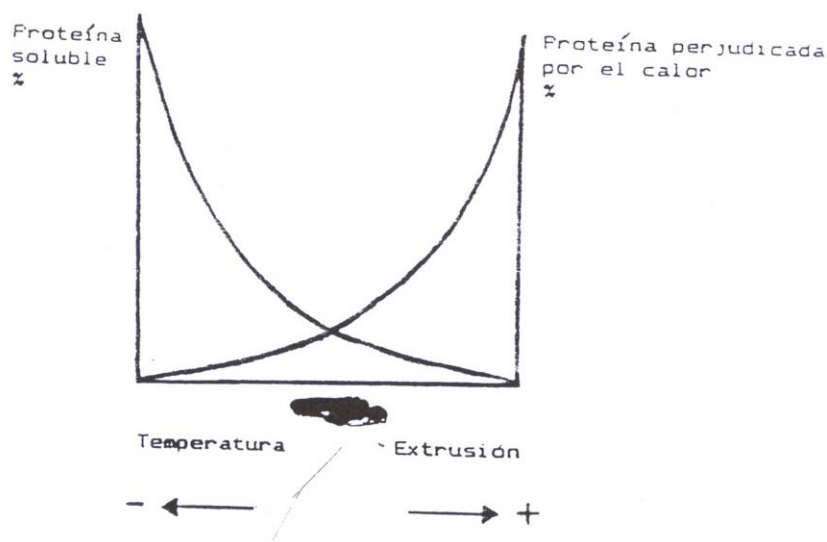
8. EFECTO DE LA EXTRUSION SOBRE LAS GRASAS

Los aceites que contienen los cereales, las grasas añadidas a los piensos que posteriormente serán extrusionados, así como los aceites de leguminosas como el contenido en el haba de soja, al ser el producto extrusionado sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa y son recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada. Para realizar la determinación correctamente es necesario emplear el método de hidrólisis ácida y extracción posterior, puesto que con el método de Extracto Etéreo no se consiguen los resultados que corresponden en realidad al producto. La grasa al ser emulsionada es más atacable por los jugos digestivos de los animales, aumentando por tanto la energía del producto. Generalmente las lipasas y peroxidasas son inactivadas durante el proceso de extrusión en condiciones normales, mejorando la estabilidad posterior del producto.

9. EFECTO DE LA EXTRUSION SOBRE LA PROTEINA

La extrusión de productos con elevado contenido proteico se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Dentro de los procesos aplicables a productos proteicos con elevado contenido en grasa están los descritos anteriormente, en seco y los dos tipos de húmedo. Estos procesos consiguen productos con factores antitripsicos correctos desde el punto de vista de su uso en alimentación animal y su diferencia está en que el producto ha sido sometido a diferente humedad y temperatura durante la extrusión. Se intenta en estos procesos conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Es conocido que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo. La extrusión produce el desenredamiento de las cadenas proteicas vegetales. Las moléculas se alinean a largo de la matriz. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Existe un proceso por el cual a medida que la temperatura se va elevando, la proteína se va perjudicando. La cantidad de proteína perjudicada se puede medir y cuantificar mediante la determinación de Nitrógeno en la fracción de Fibra Acido Detergente. Muchas proteínas son desnaturalizadas y rotas por la extrusión y pierden por tanto sus propiedades funcionales.

Figura 3. Efecto de la temperatura de extrusión sobre los porcentajes de proteína soluble y dañada por calor



En productos con elevado contenido en almidón, la proteína queda dentro de la matriz formada por el almidón, con lo que queda enredada y encapsulada. Sin embargo los enzimas digestivos del tracto intestinal disuelven la matriz de almidón, liberando la proteína.

10. EFECTO DE LA EXTRUSION SOBRE LA FIBRA

Existen pocos datos publicados del efecto de la extrusión sobre la fibra, aunque se haya estudiado. Así por ejemplo para el caso del trigo se puede decir que la fibra del producto se solubiliza, incrementando la disponibilidad para su fermentación. Así por ejemplo cuando se extrusiona salvado el contenido en fibra soluble se incrementa significativamente. Varias observaciones indican que las paredes de las celulosas del producto extrusionado se adelgazaron y la superficie era más rugosa que la inicialmente de partida.

Para conseguir efectos significativos sobre la fibra hay que procesar los productos bajo condiciones muy severas, cosa que no ocurre en condiciones de trabajo normales.

11. VITAMINAS

Cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Los efectos en la estabilidad en las vitaminas durante la extrusión son complicados debido a la acción de la humedad, fricción y altas temperaturas y presiones.

Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas.

Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C y tiamina.