



PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA ELABORACION DE LECHE DE SOJA Y TOFU

Daniel Cerdán Cañigral

Pablo Rosell Aguado

El tofu y la leche de soja son los principales productos no fermentados de la soja, la materia prima es el frijol de soja.

El tofu se prepara a partir de leche de soja caliente, con la ayuda de un agente coagulante, y después es prensada. A grandes rasgos, el procedimiento tiene cierto parecido con el de la preparación de requesón a partir de la leche, por esto no es raro que al tofu se le llame requesón de soja. El tofu contiene un 38% de proteínas, 15% carbohidratos insolubles (fibra alimenticia), 15% carbohidratos solubles (sacarosa, estaquiosa, rafinosa, etc), 18% aceite, 14% humedad y cenizas, abundante calcio, hierro y vitamina B. La proteína a pesar de ser totalmente vegetal contiene los ocho aminoácidos esenciales (igual que la carne), pero al contrario de ésta, carece prácticamente de colesterol y ácido úrico.

LECHE DE SOJA

Básicamente, la leche de soja es la extracción acuosa de la soja, mediante la inmersión de la leguminosa y posterior molido en húmedo y filtrado. Existen muchos métodos aceptados que se emplean en la actualidad para la obtención de la leche de soja. Algunos de estos métodos son originarios de China, país del que proviene este alimento. Otros métodos se basan en la moderna tecnología alimentaria y lechera.

TOFU

El tofu es el "queso" de soja más fácil de elaborar. Aunque en realidad, no es un queso, ya que no se emplean cultivos para precipitar su cuajada. Para cuajar la leche de soja se utilizan sales de calcio y de magnesio, o procesos de acidificación.

Existen variantes de la técnica básica de elaboración de tofu fresco, pero los principios esenciales siempre son los mismos:

- La preparación de la leche de soja
- La coagulación de las proteínas
- La formación de tofu en un molde mediante prensado

Comúnmente, se deja remojar la soja de 8 a 10 horas. El tiempo requerido para la hidratación adecuada depende del tamaño y variedad de la soja utilizada, así como la temperatura del agua. Antes de iniciar la inmersión, la soja se deberá limpiar perfectamente para retirar cuerpos extraños, también se lavará para eliminar el polvo y la suciedad. Una vez terminada la inmersión, se dejará escurrir el agua.

Posteriormente, se muele la soja junto con el agua adicional para producir una lechada. Para el molido se puede utilizar agua caliente o fría. Si se emplea agua caliente, o el método Cornell, en el que la lechada resultante nunca baja de los 80°C, se facilita la producción de una leche de soja más insípida, sin sabor a grano. Este tipo de leche es muy útil cuando se elaboran bebidas a base de soja, y no precisamente tofu. Por lo general, la proporción grano-agua es de 10 a 1, incluyendo el agua absorbida por el grano durante la inmersión, así como el agua utilizada en el molido y el agua adicional utilizada en la cocción.



Después se cuece la lechada durante 10 minutos aproximadamente, a 100-110°C. Se pueden emplear dispositivos abiertos, o de presión para la cocción, un intercambiador tubular de calor, o cualquier otra máquina apta para estos fines. El tiempo y la temperatura de cocción variarán según el dispositivo que se emplee. La cocción adecuada es vital para asegurarnos de tener una alta recuperación de proteína y lograr la desactivación de los inhibidores de tripsina de la soja.

Una vez realizada la cocción, se retira de la leche de soja la pulpa u okara. Esto se puede hacer mediante alguno de los diversos extractores existentes. Los fabricantes en pequeño volumen que procesan por cargas, pueden utilizar una simple prensa hidráulica, la cual hace que quede una cantidad de pulpa seca después de que se ha extraído el agua. Los procesadores que utilicen métodos de cocción continuos, pueden utilizar cribas vibratorias, decantadores centrífugos o cribas de rodamiento. Desafortunadamente la mayoría de estos extractores no puede sacar todo el líquido de la fibra, por lo que el okara por lo general tiene un nivel de 75% de humedad, aproximadamente. Muchos fabricantes someten el okara a un segundo proceso de lavado, para así extraer toda la leche de soja residual y usar esa leche ligera en los procesos de molido de las cargas posteriores.

El okara residual es un alimento muy nutritivo, con una gran cantidad de proteína y, obviamente, con un alto contenido de fibra. Este okara se puede emplear para elaborar diversos productos secundarios; o bien, se puede añadir al pan o a otros productos de panificación. Sin embargo, en la mayoría de los casos, debido a la gran cantidad de okara que se obtiene y a su alta perecibilidad, acaba siendo usado como alimento para animales.

Después de la extracción de la pulpa, el líquido restante, es la leche de soja. Normalmente, este alimento tiene un contenido de sólidos de aproximadamente un 8%, aunque éste puede variar entre las distintas cargas. En estas condiciones, la leche de soja tiene por lo general un pH de 6.4 a 6.6, el cual es el rango recomendado para la extracción de la proteína.

El coagulante se añade cuando la leche de soja se encuentra a 70-85°C. se utilizan dos tipos básicos de coagulante, cada uno de los cuales produce una clase determinada de tofu. El coagulante que más frecuentemente se emplea es el sulfato de calcio. Este coagulante produce una gran cantidad de tofu de consistencia que va de suave a intermedia y con alto contenido de calcio. El cloruro de magnesio (también llamado nigari) o cloruro de calcio, también se utiliza a menudo, produciendo un tofu de consistencia más firme y de sabor más dulce. Algunos fabricantes utilizan los dos coagulantes combinados, así obtienen las ventajas de ambos; es decir, un tofu más dulce y un mayor contenido de calcio. También es posible coagular la leche de soja, cuando esté fría, añadiéndole glucono-delta-lactona (GDL) y elevando posteriormente la temperatura hasta los 85 o 90°C. Este proceso se hace por lo general en el empaquetado. Este tipo de coagulante produce un tofu suave, de consistencia parecida a las natillas, y que se come tal cual, sin más procesamiento.



La coagulación de la leche de soja es un proceso sumamente delicado, el cual determina el tamaño de la cuajada de soja, el volumen obtenido de producto, y el sabor final de éste. En una planta pequeña, todas las adiciones de coagulante y el posterior batido y fraccionamiento de las cuajadas se hace de manera manual. En fábricas de mayor tamaño, se emplea maquinaria para añadir el coagulante y batir las cuajadas.

Después de la adición del coagulante, la proteína de soja empieza a cuajarse y a asentarse en el fondo de la cuba o barril de coagulación. En este momento, las cuajadas deberán tener el aspecto de nubes blancas flotando en un suero de color amarillo pálido. Toda la fase de coagulación puede durar de 10 a 30 minutos, dependiendo de la temperatura de la leche de soja; de la velocidad de agitación; del tipo de coagulante y de la consistencia que se desee obtener en la cuajada.

Más tarde se retirará el suero que se encuentre en la parte superior; esto se hace normalmente presionando la cuajada con un colador o una escurridera y sacando el líquido con un cucharón. Cuando se haya logrado retirar una cierta cantidad de suero, las cuajadas junto con suero residual se deberán colocar en cajas moldeadoras, perforadas y recubiertas con tela. La tela de las cajas cubrirá la parte superior de las cuajadas, a manera de tapa. Se aplicará peso para eliminar cualquier suero residual y hacer que las cuajadas adquieran una forma cohesiva como de pasteles, para obtener un tofu firme se aplican presiones que van de 20 a 100 gr/cm, durante 20 a 30 minutos.

Cuando se ha aplicado la presión, el tofu se saca de la caja: esto se puede hacer volteando la caja sobre la tapa o sobre una tabla de cortar, luego el tofu se deberá cortar, dándole forma de tamaño uniforme. Estos trozos de tofu aún calientes, se colocarán en agua fría, así se podrá eliminar el suero residual que pudiese haber quedado. La inmersión en agua fría, hará que la temperatura del tofu descienda rápidamente. El baño en agua fría también contribuye a prolongar el tiempo de almacenamiento del tofu. Los tiempos promedio de enfriamiento son de 60 a 120 minutos.

A partir de este momento, el tofu se puede colocar en bandejas llenas de agua, para su refrigeración. Igualmente, el tofu se puede colocar en recipientes llenos de agua y empaquetarse al vacío para su venta. El tofu empacado de esta manera, puede tener un período de almacenamiento de 1 a 2 semanas, a una temperatura de 1 a 3°C. Algunos fabricantes pasteurizan el tofu en su recipiente, lo que prolonga el tiempo durante el cual se puede almacenar el producto.

Para pasteurizar el tofu en su empaquetado, el producto se calienta a una temperatura de 94°C, por inmersión durante 40 minutos; una vez terminado esto, se deberá enfriar rápidamente por inmersión en agua fría a 1°C. Si se siguen los pasos cuidadosamente, el tofu puede llegar a tener un período de almacenamiento de hasta 30 días, a una temperatura de 1 a 5°C.

Desafortunadamente, la vida del tofu es muy corta aún en refrigeración. Se requiere de mayor investigación para desarrollar métodos que incrementen su vida. Esta ha sido exitosamente prolongada con un empaquetamiento aséptico y con un proceso de pasteurización. Sin embargo estas técnicas incrementan mucho el costo por unidad.

El tofu se puede comer al natural, cocinado, como ingrediente de aderezo, en forma de helado, utilizado para hacer yogurt e incluso fermentado como "queso".

VARIABLES EN LA MANUFACTURA DEL TOFU

La mayoría de los procesadores reconocen que para la elaboración de un tofu de alta calidad se debe emplear un frijol de soja de buena calidad. Por ejemplo, las especificaciones de los frijoles de soja para la elaboración de tofu son las siguientes.

Tamaño de semilla: Mediana a grande

Grado de limpieza: E.U.A. grado 1

Color: Blanco/amarillo

Semilla: Delgada, firme

Contenido de proteína: Alto, alto Índice de Solubilidad de Nitrógeno (ISN)

Contenido de aceite: Bajo

Las diferentes variedades de frijol de soja afectan altamente la calidad del tofu. Esto se basa principalmente en el contenido de proteína relacionado directamente con la textura final del producto.

La variedad del frijol de soja y el método de procesamiento influyen sobre la textura, color y sabor del tofu.

VARIABLES EN EL PROCESO

.La producción de un tofu de alta calidad depende de muchos factores, las variables en su preparación se pueden categorizar en tres fases:

a) Maceración y extracción:

La relación frijol-agua ha demostrado ser crítica para la producción óptima y de calidad del tofu.

b) Filtración y calentamiento:

Se ha observado mejor producción cuando el líquido se filtra antes del calentamiento. La temperatura de la leche de soja con la adición del coagulante y la forma en que se mezcla afectan la producción en cantidad y la textura. Sin embargo cuando la temperatura es demasiado baja la coagulación es incompleta y el tofu se vuelve frágil y con poco cuerpo. La temperatura óptima de coagulación es entre 75-80°C. Cuando la temperatura se incrementa, el peso bruto y el contenido de humedad del cuajo disminuyen, y la dureza se incrementa. Un incremento en el tiempo de la mezcla disminuye el volumen del tofu e incrementa su dureza.

c) Pasos en la coagulación:

Esto es más significativo en términos de producción y textura del tofu. Cuando la leche de soja está altamente concentrada o densa se coagulará fuertemente produciendo un tofu suave. Cuando la densidad es baja la coagulación no es tan fuerte. La cantidad correcta de coagulante y la proporción adecuada son factores importantes y necesarios para obtener un buen cuajo. El pH ideal de la leche de soja es de 6.0. Las proteínas se empiezan a coagular cuando el pH está en 6.0, por lo tanto la adición de coagulantes se debe detener cuando el pH alcanza este valor.

PRODUCTOS DEL TOFU

El tofu es elaborado con diferentes grados de firmeza dependiendo de las preferencias. En general se clasifica de acuerdo a su contenido proteínico:

- El tofu suave contiene de 5 - 7.9 %
- El tofu regular contiene de 8 - 10 %
- El tofu firme contiene de 11-19 %
- El tofu prensado contiene 20 % ó más

Los tipos de tofu que se ven en el mercado son extra firmes, firmes, blandos y suaves. El tofu firme se prepara presionando la cuajada muy agresivamente para eliminar la mayor cantidad de agua posible, se suele coagular con cloruro de magnesio o con sulfato de calcio (pero este da tofus menos firmes). Para preparar el tofu suave, no se presiona la cuajada y se coloca con el suero, el GDL (glucono-delta-lactona) es utilizado como agente precipitante resultando un producto muy cremoso.

El rendimiento promedio de la producción de tofu es:

- tofu suave es de 5 a 6 veces el peso del frijol de soja crudo.
- tofu regular de 3 a 4 veces el peso del frijol de soja crudo.
- tofu frito de 1 a 1.5 veces el peso del frijol de soja crudo.

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL TOFU

- 1) Variedad del frijol de soja
- 2) Grado de calidad
- 3) Porcentaje de sólidos en la leche de soja
- 4) Equipo utilizado
- 5) Relación o Proporción frijol-agua
- 6) Procesamiento térmico
- 7) Tipo y concentración del coagulante utilizado
- 8) Proceso de coagulación
- 9) Temperatura y pH
- 10) forma de mezclar los coagulantes
- 11) Presión aplicada para remover el suero
- 12) Dureza del agua

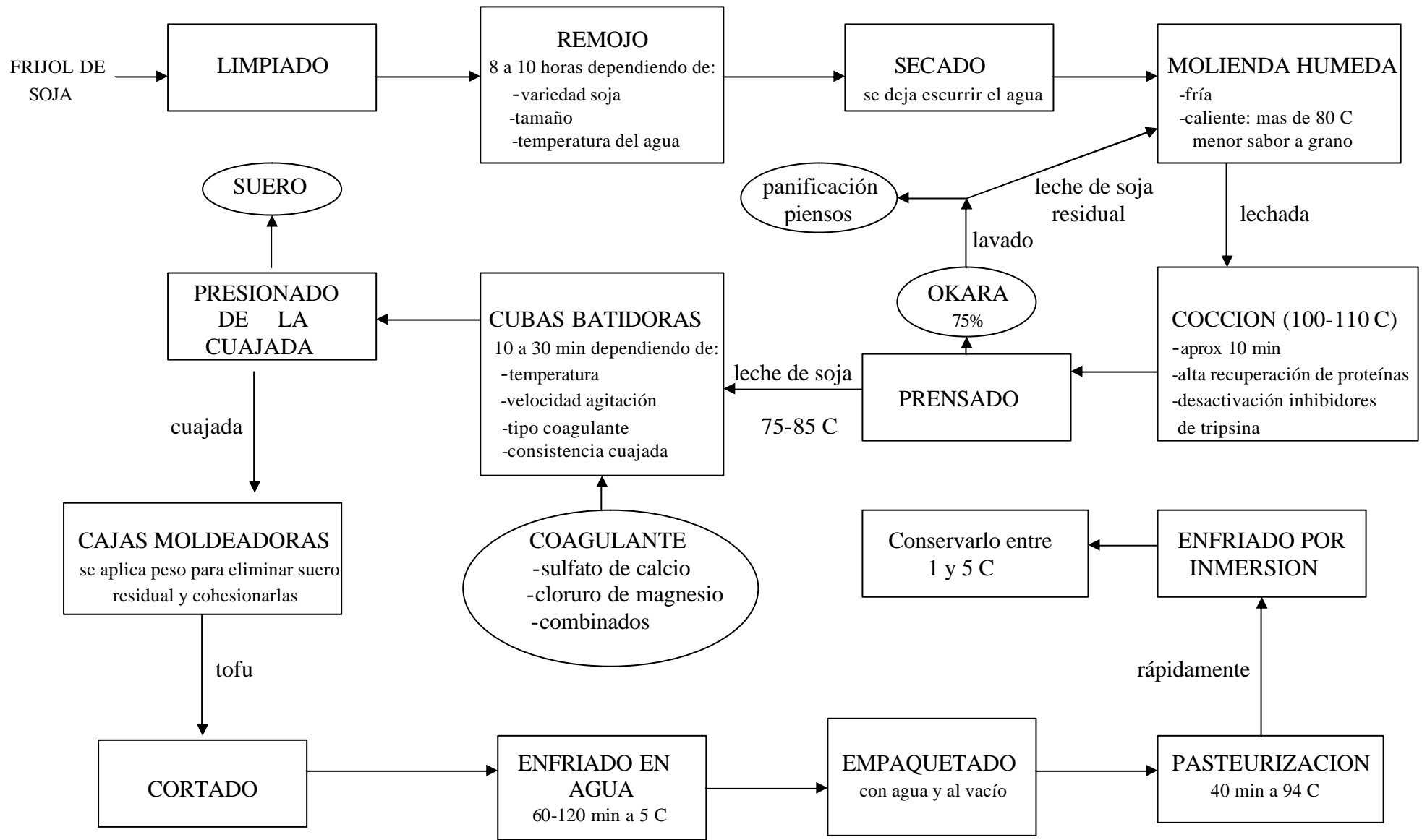


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACION DE TOFU

BIBLIOGRAFIA:

- Estándares o normas de la leche de soja, desarrollo e importancia mundial actual (<http://asamex.nsrl.uiuc.edu/>)
- La soja y su utilización en la elaboración de quesos y productos similares (<http://asamex.nsrl.uiuc.edu/lacteo14.html>)
- La soja y sus derivados (http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_33.asp?cuaderno=33)
- Procesamiento del tofu, factores variables y críticos (<http://asamex.nsrl.uiuc.edu/lacteo15.html>)
- Procesamiento de la leche de soja: problemas, soluciones y perspectivas (<http://asamex.nsrl.uiuc.edu/>)
- Ades (http://www.ades.com.ar/Informacion/sub14_2.asp)