



El procesamiento poscosecha de legumbres incluye diversos y severos procesos. Como resultado de todos ellos las legumbres son convertidas en productos industrializados que pueden ser fraccionados y comercializados como tal o ser usados como materia primas en la formulación de otros alimentos.

Este proceso incluye las etapas de limpieza, secado, selección, clasificación, decorticado, molienda y fraccionamiento (separación de los distintos componentes de la harina obtenida de la molienda). Dependiendo del tipo de legumbre y del uso final al que se destinan, pueden llevarse a cabo otras etapas adicionales: tostado, horneado, micronizado, extrusión.

En la mayoría de los casos, las legumbres son primero puestas en remojo en agua fría durante un tiempo estimado de 12 horas o más. La hidratación puede realizarse con agua fría o caliente, para ayudar a prevenir el endurecimiento de las semillas; sin embargo el calentamiento aumenta los costos en la industria, y puede ocasionar el aumento del recuento de microorganismos.

Las legumbres tienen una envoltura impermeable llamada cubierta seminal, tegumento o testa, que forma una gruesa capa suberificada alrededor de la semilla. Debido a ello, deben ser previamente tratadas para quitar ese recubrimiento y facilitar la absorción de agua. Eliminar la cubierta seminal de las legumbres facilita la cocción y la digestión de la parte comestible. Las industrias asiáticas en general mantienen las legumbres a temperatura ambiente durante varios días después de la etapa de remojo y antes del secado. Esto permite que los granos germinen, con lo cual se inician diversos procesos enzimáticos que ocasionan cambios en la composición de las legumbres, principalmente producen la hidrólisis parcial de hidratos de carbono (almidón, oligosacáridos) y proteínas. Los granos germinados pueden ser consumidos directamente o descascarados, tostados y molidos para formular otros productos.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LEGUMBRES EN LA ARGENTINA

- **Cultivo de legumbres por zona:** porotos blanco o alubia, negro y color (en el NOA, principalmente Salta), arvejas (Buenos Aires y Santa Fe) y garbanzos (Córdoba y Salta).
- **Destinos:**
 - Exportación como grano seco (las exportaciones de legumbres con transformación industrial representaron sólo el 1% del total)
 - Industria molinera para producción de harinas y fracciones
 - Procesamiento para conserva
 - Transformación en otros productos: premezclas de fainá, hummus, aislados proteicos, milanesas, hamburguesas, fracciones proteicas y fracciones de almidón.
 - La no aceptada para consumo humano (la que no supera las etapas de selección) se destina a alimentación animal.



Las legumbres enteras o decortadas, que no se destinan a su comercialización como grano entero, son sometidas a un proceso de molienda seca para obtener harina o a un proceso de molienda húmeda para ser usados en la preparación de otros alimentos. Las características del producto final, tal como palatabilidad, textura y otros, dependen de las propiedades y composición de la harina, de la finura de la molienda, del tamaño de partícula y de las condiciones de cocción del producto final.

A continuación se describen las etapas mediante las cuales las legumbres son transformadas desde productos primarios, que incluye **todos los procesos poscosecha**, hasta productos con valor agregado, tal como sopas, snacks, fracciones proteicas, almidón nativo o modificado, congelados, etc.:

1. Recepción, limpieza, acondicionamiento

La primera etapa en el procesamiento de las legumbres es la limpieza. Para esto se usan equipos cuyo principio de funcionamiento es la separación de partículas por efecto de corrientes de aire a presión sobre una mesa que se encuentra en continua vibración e inclinada en un ángulo determinado. Las semillas de legumbre son alimentadas al equipo a través de la superficie de la cubierta de la mesa que se encuentra en continua vibración (cubierta vaivén), la cual se presenta perforaciones de distinto tamaño (dependiendo del tipo de grano a tratar). La corriente de aire ingresa por la parte inferior y pasa hacia arriba a una presión controlada generada por ventilador que está incorporado a la mesa. Esta corriente de aire provoca que las partículas más livianas floten (tal cual sucede en un lecho fluidizado) de tal manera que va estratificando las distintas partículas según su peso: las más pesadas se sedimentan y las más livianas recorren cubierta hacia la parte final que está más elevada. esta forma, debido a que las partículas pesadas no logran recorrer el lecho hacia su parte más elevada, se logra separar las distintas fracciones, y obtener finalmente granos limpios.



un

la
De

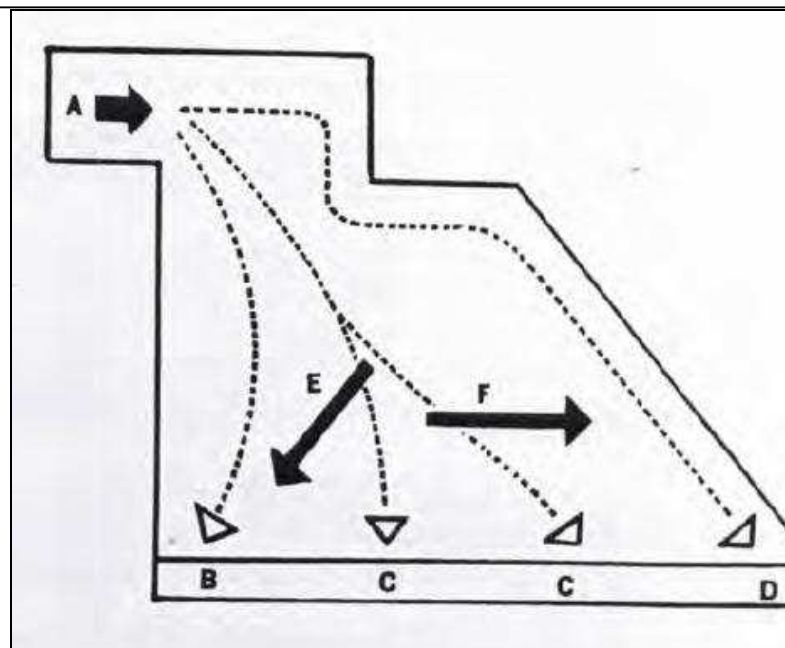
Las partículas pesadas viajan por la cubierta en la dirección de movimiento y se descargan por el extremo más estrecho del equipo, las partículas livianas flotan a través de la corriente de aire y se descargan todas en el extremo amplio del equipo.

Este equipo permite una eficaz limpieza de granos de legumbres y de muchos otros granos (cereales, leguminosas, café, avena, etc.), ya que se aplica ampliamente en la industria alimentaria.

A continuación se observa un esquema del funcionamiento del equipo con los distintos productos que se obtienen:

Descripción de lecho fluidizado para limpieza de granos, dirección de flujo de producto alimentado y de las distintas corrientes que se van separando:

- A. Granos alimentados sin limpiar
- B. Partículas separadas (residuos) son en su mayoría semillas de otras especies vegetales y granos de legumbres de mala calidad.
- C. Granos de legumbres limpios.
- D. Partículas más pesadas (pueden ser impurezas).
- E. Inclineración de la cubierta (flujo por gravedad).
- F. Dirección del movimiento ocasionado por la vibración de la cubierta.



2. Clasificación

En general se lleva a cabo en equipos similares a los que se usan para la limpieza, ya que en realidad la limpieza explicada anteriormente incorpora una primera clasificación. Luego de la clasificación el producto es sometido a una segunda limpieza para eliminar por completo el polvo.

Además las legumbres clasificadas y limpias son separadas de acuerdo al tamaño del grano de usando separadores tipo zaranda.

Para garbanzos las mallas de las zarandas tienen un tamaño de orificio que permite clasificarlos en tamaños desde 6 mm hasta 10 mm, ya que los diferentes tamaños tienen distintos destinos industriales.

Las legumbres pueden ser sometidas a una clasificación por color utilizando un clasificador electrónico, a fin de obtener un producto final de color uniforme.



Adicionalmente se lleva a cabo una etapa de detección de metales para disminuir el riesgo de contaminantes de origen metálico en el producto final, además de evitar daños en los equipos de las líneas siguientes.

3. Decorticado

Generalmente consiste en dos etapas:

- A. Ablandamiento de la cáscara (por método seco o húmedo).
- B. Removedor de la cubierta o cáscara y limpieza.

Técnicas para ablandar las cubiertas previo a su remoción:

- Secado prolongado al sol.
- Aplicación de pequeñas cantidades de aceite comestible seguido de secado al sol y atemperado.
- Sumergido de las legumbres en agua por determinadas horas, seguido por cobertura de lechada de tierra roja y secado al sol.
- Sumergido en agua por varias horas para ablandar la cobertura previo a la elaboración de otros alimentos.
- Combinación de los métodos anteriores.

Del descascarado se obtienen los cotiledones refinados con apariencia, textura y capacidad de cocción adecuada. Las legumbres luego de ser sometidas a este proceso son más fácilmente digeridas y se aumenta la biodisponibilidad de sus nutrientes.

El éxito de esta etapa está influenciado por la variedad, la temporada o estación cuando fueron cosechadas, el tiempo de cosecha y la localización del cultivo. Las variedades de legumbres más grandes (con corteza más gruesa) son fáciles de descascarar y dan un mayor rendimiento por lo cual son la variedad preferida en la industria molinera. Las variedades pequeñas requieren varios tratamientos previos al descascarado y otros procesos complejos. En el caso de los garbanzos, lentejas y arvejas, estas tienen una cubierta que es fácilmente removible por lo que requieren un secado menos drástico y un tratamiento con agua o aceite de menor intensidad.

Las legumbres frescas recién cosechadas, son más difíciles de procesar dado que tienen un mayor contenido de humedad. Por eso en general se someten a un almacenamiento prolongado durante el cual disminuye su contenido de humedad mediante un proceso de secado.

A escala comercial los métodos de descascarado de legumbres son similares a los tradicionales que consisten básicamente en una primera etapa de secado por tendido de las legumbres al sol seguido de su trituration en morteros. En los molinos a gran escala lo que se hace es adaptar esas técnicas y ganar eficiencia y rendimiento aplicando tecnologías y equipos adecuados. Generalmente los molinos realizan el descascarado por técnicas de procesamiento en seco.



Los equipos empleados, particularmente para el decorticado de arvejas, lentejas y garbanzos son los que operan por impacto o por erosión (contacto con piedras de esmeril de carburo de silicio seccionadas que tienen un efecto abrasivo sobre la cáscara y piel externa que recubre las legumbres).

4. Separación del cotiledón de la testa

Muchas de las etapas en el procesamiento industrial poscosecha se realizan mecánicamente, particularmente decorticado y división o separación. Frecuentemente ambas se llevan a cabo en paralelo, aunque si se realizan como etapas independientes se tiene mayor efectividad.

Adicionar agua previo a la etapa de decorticado ayuda a llevar a cabo la división. No obstante a ello, frecuentemente permanecen fracciones del tegumento sobre el cotiledón que deben ser luego removidas por máquinas pulidoras. Durante esta etapa, el germen que se encuentra en una proporción del 2 al 5 % se pierde totalmente.

La división de las cubiertas externas de la semilla (tegumento, testa o cubierta seminal) del germen y del cotiledón se realiza utilizando tamices de distintos tamaños. La fracción sobrante de granos que permanece entero se reprocesa.

5. Molienda

Luego de que los granos han sido divididos (separado el cotiledón de la cubierta y del germen) se realiza la molienda, etapa crítica en el procesamiento de legumbres. La reducción del tamaño de partícula debe llevarse a cabo para incrementar el área interfacial de los granos, aumentando de esa forma la eficiencia y disponibilidad de secado.

La densidad del material se controla mediante la creación de una distribución de tamaño de partícula que consiste en una matriz de partículas grandes entre las que se ubican las partículas más pequeñas. El éxito de esto es ayudar a asegurar un flujo libre del material para lograr la máxima eficiencia y contribuir a la funcionalidad del producto final.

Existen cuatro tecnologías de molienda disponibles que son las más aplicadas en la obtención de harina de legumbres:

- **Molienda por impacto** La molienda por impacto implica el uso de un objeto de gran dureza para golpear a un área amplia de las partículas y fracturarlas. Entonces para el ensamble del equipo giratorio se usan contundentes martillos o cuchillas, por ejemplo molinos de martillo, molinos de púas, molinos de jaula, molinos universales o molinos turbo. La tecnología de impacto es recomendada para la molienda de legumbres pudiendo ser aplicada para tamaños de partícula variables.

La molienda mecánica por molinos de martillos se basa en la compresión del material entre dos cuerpos metálicos, aptos para el contacto con alimentos. La configuración básica de un molino de este tipo incluye un rotor horizontal o vertical unido a martillos fijos o pivotantes acoplados



en una carcasa, de forma circular, que determina el tamaño del equipo y la potencia requerida para su operación.

En la superficie inferior del martillo se dispone el tamiz, que filtra las partículas luego de la molienda. En general el tamiz es intercambiable a fin de poder ajustar el tamaño de partícula según el requerimiento de producción. Los molinos de martillo permiten alcanzar un grado de molienda de hasta 100 μm , dependiendo de la velocidad del rotor, tamaño del tamiz, y velocidad de alimentación; y se caracterizan por su facilidad de operación, mantenimiento y limpieza. Cabe destacar que cuanto menor sea el tamaño de partícula a obtener, es decir cuánto mayor sea el grado de fineza, más potencia debe aplicarse.

- **Molienda por fricción** La molienda por fricción consiste en una cámara horizontal rotatoria que se llena con las partículas que se desean moler. El material molido tiende a convertirse en partículas esféricas que fluyen libremente.
- **Molienda de cuchillos** En la molienda por corte se usan hojas afiladas para aplicar un esfuerzo de corte sobre las partículas grandes, cortándolas a tamaño predeterminado. Consiste en un conjunto giratorio de cuchillos afilados o cuchillas, tales como *cutters*, molinos de cuchillos y molinos guillotina. Estos molinos pueden aplicarse para la molienda de materiales elásticos o sensibles a la temperatura.
- **Molienda por presión directa** La molienda por presión directa se da cuando una partícula es atrapada y aplastada entre dos superficies duras. Esto puede incluir dos barras rotatorias o una barra rotatoria y un plato estacionario. Esta técnica puede emplearse para reducir partículas de tamaño de una pulgada, o más grandes hasta los 800 μm . Como ejemplo se pueden mencionar molinos rotatorios o de rodillos, molinos de cracking y molinos oscilatorios.

Variables del proceso de molienda: La velocidad del rotor, el rango de alimentación, el tamaño y tipo de rejilla de retención y el contenido de humedad de las legumbres son todas propiedades que influyen significativamente en la calidad de la molienda. En particular la velocidad del rotor es el factor primario y puede impactar significativamente en el proceso de molienda.

- Alimentador: El dispositivo por el que es alimentado el producto a moler permite introducirlo en el molino de forma tangencial al equipo, en general por acción de la gravedad.
- Perfil de las cuchillas: El tipo, calidad y forma de los molinos de cuchillas ayudan a determinar el grado o capacidad de molienda. El perfil de las cuchillas ofrece flexibilidad de corte en un sitio y una herramienta de impacto en otra, así es útil primero para una granulación suave y luego para la reducción definitiva más agresiva.
- Rango de alimentación: La molienda es más efectiva cuando la alimentación del producto se hace de manera uniforme (en un rango de velocidad de 15 a 160 rpm). Debería notarse que al aumentar la velocidad de alimentación se incrementa el consumo de energía, perdiendo eficiencia.



Lic. Magali Parzanese

- Velocidad del rotor: La velocidad del rotor afecta la distribución de tamaño de partícula, y por regla general, y cuando todas las demás variables se mantienen constantes, a mayor velocidad de rotor, más fino es la molienda. Velocidades de rotor de 3000 a 7200 rpm son usadas con cuchillas planas en molienda fina en aplicaciones como harina de arveja gruesa o fina, y en harinas de otras legumbres. Velocidades de 1000 a 3000 rpm se usan con cuchillas afiladas para molienda gruesa.
- Rejilla de retención: La forma de los orificios (redondos o rectangulares), el espesor de la película metálica y la superficie total que permite el paso del material molido incide sobre la trituración o pulverización del material final. El diámetro de los orificios de la rejilla de retención no necesariamente se designa en función del tamaño final de partícula, ya que las mismas siguen una trayectoria tangencial desde las astas del molino (cuchillas, martillo, *cutter*, etc.), y alcanzan la rejilla con un pequeño ángulo, es decir no de forma perpendicular. Cuanto mayor es la velocidad del rotor, menor es el ángulo con el que las partículas llegan a la rejilla de retención, y más pequeñas las aberturas de las partículas por las que aparecen las partículas.

6. Fraccionamiento: obtención de fracciones de almidón y proteínas

En la búsqueda de nuevas fuentes de proteína y fibra alimentaria, las empresas han empezado a enfocarse en la extracción de concentrados proteicos de legumbres mediante procesos denominados fraccionamiento. Esto incentiva a los investigadores a hallar métodos y tecnologías que permitan separar los distintos componentes de las legumbres de las fracciones proteicas deseadas, para obtener concentrados y aislados proteicos. El proceso de fraccionamiento se basa en los diferentes tamaños de partícula.

La fibra alimentaria de legumbres es actualmente un producto secundario del proceso por el cual se obtienen los aislados o concentrados proteicos y el almidón, a partir de las semillas leguminosas. En general se obtiene un producto rico en fibra a partir de la cáscara o cubierta de las semillas que se descarta en las primeras etapas del proceso.

La separación del almidón de legumbres es difícil debido a la presencia de hidratos de carbono no digeribles (material de la pared celular en el cotiledón) y a la fuerte adherencia de una gran cantidad de proteínas insolubles.

El fraccionamiento puede realizarse típicamente por el método seco o el húmedo: clasificación por aire o molienda húmeda. Ambos procesos de separación han sido usados muchas veces para el fraccionamiento de legumbres, aplico tanto a escala laboratorio (con fines de investigación) como en escala industrial.

- **Método húmedo**

El método húmedo es tradicionalmente aplicado en alimentos, para ello primero se remueve la cáscara de las semillas y luego se muelen para obtener una harina de las características correspondientes.



La harina de legumbre se pone en contacto con un agente acuoso de descomposición, tal como solución alcalina, a fin de separar las proteínas hidrosolubles, las cuales se secan y pueden a partir de allí aislarse u obtener diversas fracciones.

La matriz sólida (la fracción que no se solubiliza en agua) es tamizada a través de una serie de cribas a fin de recuperar el almidón. Tal como la fibra, el almidón es usualmente obtenido como producto secundario de la extracción y aislación de las proteínas de legumbres.

Para garbanzos y porotos amarillos descascarados y partidos, el fraccionamiento del almidón requiere el remojo de las semillas en agua caliente con tolueno para prevenir la fermentación. Esto es seguido de una molienda húmeda y repitiendo el tamizado.

Por un método similar se logra fraccionar almidón de lentejas, aunque incluye una etapa adicional de resuspensión en solución de hidróxido de sodio al 0.2% lo cual permite una completa separación de proteínas.

El método húmedo es particularmente adecuado si el almidón requiere ser transformado en una pasta para ser usado en procesamientos posteriores. Por otro lado si requiere ser usado en seco, el método húmedo no es conveniente porque es difícil y consume tiempo, frecuentemente implica la pérdida de nutrientes en la solución de remojo.

El aislado proteico obtenido mediante fraccionamiento por vía húmeda a partir de la molienda húmeda de los granos leguminosos presenta un contenido de proteínas de hasta 88 %, mientras que la fracción de almidón refinado contiene un porcentaje mínimo de proteínas de 1 %.

El principal inconveniente de este método es la pérdida de proteína y almidón durante los sucesivos lavados, así como el costo elevado de la recuperación y tratamiento de los efluentes.

- **Método seco**

Este método abarca una primera etapa de molienda seca seguida del proceso de clasificación por aire. La primera fase consiste en separar la cubierta externa de las semillas, para esto como se explicó antes se aplica un proceso en seco, principalmente el decorticado por contacto con superficies abrasivas (piedras de carburo de silicio). Una vez que se tienen las legumbres libres de la cubierta externa y limpias, se someten al proceso de molienda seca, en general en molinos de impacto o de púas, hasta obtener una harina con granulometría menor a 60 μm .

Seguido a esto se realiza la etapa de fraccionamiento propiamente dicha, la cual se lleva a cabo por un sistema de torres fluidizadas, donde las partículas están bajo vacío. El fundamento de la separación es por diferencia de tamaño de partícula: el almidón concentrado tiene una granulometría de 20 a 40 μm , mientras que la proteína en general se encuentra en el rango de 2 a 20 μm . De esta forma las partículas más pequeñas se separan porque fluyen más fácilmente en la torre, mientras que las de mayor tamaño quedan retenidas.

Los procesos de clasificación por aire y de obtención de las fracciones de almidón y proteínas son similares en todos los tipos de legumbres, excepto para garbanzo, ya que este tiene una proporción mayor de grasa, por lo que requiere de condiciones específicas que eviten el deterioro de la fracción lipídica.

Teniendo en cuenta los problemas que se presentan en la separación mecánica por debajo de 53 μm (ya que es imposible el uso de tamices o zarandas), es necesario aplicar la clasificación neumática con



ciclones, estos dispositivos tienen la capacidad de separar partículas de tamaño entre 5 y 200 μm . Las ventajas de los ciclones montados en serie son su eficiencia, facilidad de construcción y operación, bajos costos de montaje, fabricación y mantenimiento.

Para el fraccionamiento por vía seca se requieren los siguientes equipos:

- Equipo de decortado o descascarillado de legumbres (por impacto o por abrasión).
- Molino de púas o molino jet para lograr una reducción de tamaño de partículas menor a 100 μm .
- Ciclones en serie o torres fluidizadas para la separación por tamaño de partículas de la fracción proteica del almidón.

Como resultado del fraccionamiento por vía seca se logran obtener fracciones ricas en almidón de hasta un máximo de pureza de 73 % y fracciones proteicas de hasta un 53 % de concentración (ver tabla 1).

	Contenido de nutrientes: Fracción rica en proteína	Contenido de nutrientes: Fracción rica en almidón
Almidón	8 %	73 %
Proteína	53 %	12 %
Azúcares	22 %	2 %
Fibra	1 %	1 %
Humedad	9 %	9 %
Ceniza	5 %	2 %
Lípidos	2 %	1 %

Tabla 1. Composición de las fracciones de almidón y de proteína obtenidas por fraccionamiento en seco.

APLICACIONES Y VALOR AGREGADO DE ARVEJAS LENTEJAS Y GARBANZOS

Superados las etapas de procesamiento descritas anteriormente, las legumbres o sus fracciones ricas en proteína o almidón, pueden ser usadas como materias primas o ingredientes en elaboración de alimentos industriales o preparaciones culinarias.

Se ha encontrado que las harinas de legumbres pueden ser usadas para aumentar el contenido y la calidad proteica de alimentos. Dependiendo de la variedad y de la forma en que son procesadas, las legumbres presentan propiedades únicas sobre sistemas complejos. Por ejemplo, la harina de arvejas es usada actualmente en el procesamiento de productos cárnicos, donde su estabilidad a las altas temperaturas y resistencia mecánica son determinantes para su funcionalidad. Esta harina ha mostrado excelentes resultados en la formulación de conservas de carne enlatada, embutidos cocidos, pates y otros productos similares.



Asimismo, las propiedades únicas del almidón aislado de legumbres, tal como la estabilidad a altas temperaturas y su viscosidad elevada respecto al almidón derivado de cereales o tubérculos, pueden mejorarse aún más por distintos tratamientos (almidón modificado: pregelatinización, tratamientos con ácidos / bases, etc.). Por ejemplo el almidón derivado de arvejas ha ganado popularidad como espesante en sopas, salsas y otros productos. Actualmente la principal limitación para el uso de este almidón es el relativo alto costo del fraccionamiento.

Los alimentos elaborados a base de legumbre son preparados siguiendo diversas recetas y empleando una serie de diferentes técnicas, ya sea a escala piloto o industrial, como sumergido, decortinado y descascarillado, molienda, germinación, fermentación, hervido, maceración, horneado, torrado, freído y vaporizado o autoclavado.

PRINCIPALES PRODUCTOS INDUSTRIALIZADOS Y SUS USOS

- ❖ Harina de poroto negro (enchiladas, burritos, tacos)
- ❖ Harina de poroto blanco (espesar salsas, preparar sopas)
- ❖ Harina de arvejas (sopa crema de arvejas ejemplo la sopa Knorr tiene como primer ingrediente)
- ❖ Harina de garbanzo (principal producto es fainá y premezclas para faina, ahora también milanesa de garbanzo tecnología de última generación para la selección de la materia prima, descascarado y molienda)
- ❖ Legumbres congeladas o supercongeladas (arvejas congeladas)
- ❖ Concentrados y aislados proteicos destinados (bebidas y batidos para deportistas, extensores de productos cárnicos, etc.)
- ❖ Almidón nativo y modificado usado como aditivos de funcionalidad específica en alimentos.
- ❖ Snacks: legumbres horneados o fritas
- ❖ Sopas: deshidratadas, congeladas, mix de legumbres.

Para facilitar la preparación y consumo, las legumbres son frecuentemente pre-procesadas antes de someterse a un tratamiento adicional de cocción, freído u horneado. A nivel global el método más popular incluye el escaldado, enlatado y autoclavado; para obtener productos que se incorporan al segmento de los listos para consumo. Entre estos se incluyen las conservas de legumbres (arvejas, garbanzos, porotos) ya sea en salmuera o adicionadas de otras especias.

Cuando no es posible aplicar ese tipo de tratamientos, se opta por el procesamiento de legumbres para obtener productos de alta estabilidad y larga vida útil, en general de bajo contenido de humedad, que requieran mínima inversión en acondicionamiento y envasado. Ejemplo de ello son *baries*, *papads*, *leblebi* (snack a base de garbanzos tostados) y otros.

Asimismo en otros países se utilizan legumbres como ingredientes para productos dirigidos a nichos de mercado o para satisfacer la demanda de productos étnicos, valorados por ser únicos dentro de la cultura local. Como ejemplo de ello se pueden citar la producción industrial de *hummus* en EEUU y Canadá, la cual se expandió significativamente en los últimos años, llevando incluso a la instalación de una planta industrial de última tecnología y gran capacidad que permitió satisfacer el volumen demandado por el mercado.

SOPAS

Las sopas representan la preparación más común hecha a base de legumbres. Es por esto que la industria de alimentos tiene como desafío buscar constantemente nuevas opciones o variedades de sopas para ofrecer al consumidor, ya que estos presentan cada vez mayores expectativas respecto a la calidad, el perfil nutricional, facilidad de preparación y consumo, precio, de los productos ofrecidos en góndola.

Frente a esto, y teniendo en cuenta el adecuado aporte de nutrientes que coincide con la tendencia hacia hábitos de vida saludable de los consumidores, se desarrollan tecnologías para la incorporación de legumbres en sopas enlatadas, sopas congeladas, mezclas deshidratadas, sopas crema, etc., así como para mejorar sus características organolépticas (textura, palatabilidad, sabor, etc.) que aumenten la aceptabilidad por parte del consumidor.

El desarrollo y elaboración de mezclas instantáneas a base de legumbres permite ofrecer una fácil y práctica forma de preparar sopas ricas y nutritivas.

Para la formulación de sopas instantáneas se usa como materia prima harina de legumbre (la harina de arveja es la de mayor aplicación actual) que es previamente sometida a un proceso de pre-gelatinización del almidón. De esta forma se logra que al adicionar agua caliente la sopa adquiera rápidamente la consistencia y textura deseada, característica fundamental en productos instantáneos. El método más común para la pre-gelatinización de la harina o de la fracción de almidón nativo incluye las etapas de remojo, hervido, obtención de una lechada (almidón gelatinizado) a partir del producto hervido, secado por aspersión o secador de tambor y molido del producto deshidratado. De esa manera se obtiene un polvo o escamas que es fácilmente incorporado y mezclado con el resto de los ingredientes, también deshidratados, que incluye la formulación de la sopa instantánea.

Una gran variedad de formulaciones de sopas puede ser desarrollada usando legumbres. Dando el sabor adecuado, los ingredientes y el packaging, estos productos resultan en una opción perfecta para el consumidor actual, adecuada para todo tipo de comidas y en cualquier estación del año.



Consideraciones a tener en cuenta para la formulación de sopas a base de legumbres:

- Forma de preparación: el tiempo de rehidratación, procesos siguientes y tiempo de retención son consideraciones importantes. Lo más adecuado para la preparación de sopas instantáneas es usar almidón pre-gelatinizado, para sopas que requieren una cocción lenta es recomendable el uso de harina precocida y para sopas que demandan largos tiempos de cocción lo adecuado es que su formulación sea con harina de legumbres sin tratamiento previo.
- Apariencia del producto final: es determinante la correcta elección de la forma en que se adicionan las legumbres: enteras, en trozos, harina, ya que cada una de estas aporta características particulares al producto final.
- Las propiedades de los demás ingredientes que son adicionados a la formulación: arroz, vegetales deshidratados, especias, agentes espesantes, exaltadores de sabor, etc., aportan propiedades que deben tenerse en cuenta para conocer las características del producto final.

SNACKS

El consumo de snacks a nivel global durante el año 2014 se tradujo en ventas por 374.000 millones de dólares, de ese total 167.000 millones fueron por el mercado europeo y 124.000 millones en EEUU. Asimismo, si bien en los países en desarrollo las cifras son inferiores, la demanda de snacks y su consumo también crecen a mayor ritmo¹. Esta tendencia es consecuencia del estilo de vida acelerado característico de los habitantes de las grandes ciudades, donde el tiempo disponible para la preparación y disfrute de la comida es cada vez menor, lo que influye en la adopción del consumo de snacks como sustituto de aquellas.



En general se observa que el consumo de snacks o aperitivos contempla lo siguiente: saciar el apetito entre las comidas principales; ser sustituto de desayunos, almuerzos o meriendas; aportar un extra de energía; y, en algunos casos, mejorar el estado de ánimo. Igualmente, estudios de consumo recientes, demuestran que las principales preocupaciones al momento de elegir el tipo de snack a comprar son la salud y el sabor. Para responder a esto y lograr el equilibrio entre ambas características, la industria alimentaria junto con entidades

¹ Fuente: Informe Nielsen "SNACK ATTACK what consumers are reaching for around the world"



Lic. Magali Parzanese

académicas e institutos de investigación, buscan desarrollar snacks que presenten un perfil nutricional adecuado (bajo contenido en azúcares, grasas saturadas y sodio, y mayor aporte de proteínas y fibra) y que tengan a su vez una alta aceptabilidad sensorial. Respecto a esto, las legumbres continúan jugando un papel importante como ingredientes adecuados para la formulación de snacks saludables y apetecibles.

En muchos países del Medio Oriente y de África existen antiguas recetas para la preparación de comidas típicas a base de lentejas y garbanzos que se consumen como snacks (entre comidas). Las mismas en general consisten en una primera etapa de cocción o tratamiento térmico severo, seguido del tostado, horneado o frito, en combinación o no con especias.

A continuación se describen algunas opciones de snacks a partir de legumbres que pueden elaborarse mediante procesos simples.

- **Leblebi: opción para la industrialización de garbanzo tipo Kabuli**

El *leblebi* es un tradicional snack elaborado y consumido ampliamente en Turquía, la región mediterránea y el Medio Oriente, aunque el método de preparación específico varía entre los distintos países, básicamente se trata de garbanzos tratados térmicamente y luego tostados.

Los garbanzos tostados también pueden encontrarse en el mercado estadounidense, donde existe una marca que los comercializa con sabor a chile y a lima.

A pesar de ello, actualmente no hay una industria a gran escala desarrollada para producción de *leblebi* (cosa que sí sucede con la producción de *hummus*), se trata en general de pequeñas industrias que lo producen a baja escala, empleando tecnologías y técnicas tradicionales que han sido transmitidas de generación en generación.



El *leblebi* puede potencialmente posicionarse como un snack saludable debido a su contenido nutricional: alto aporte de proteínas, fibra y minerales, y bajo contenido de grasas saturadas y calorías. Por otra parte se caracteriza por presentar una textura suave y crujiente, flavor especial a tostado y sabor dulce, lo que lo convierte en un producto deseable y agradable sensorialmente. Por otro lado es una buena opción para la industria ya que a partir del proceso básico de producción se pueden generar una diversidad de productos son sólo adicionar una cobertura durante la etapa de tostado, por ejemplo de chocolate, sal, azúcar, o especias como ají picante, jengibre, u otras coberturas adecuadas.

Gracias al bajo contenido de humedad, estos productos tienen una extensa vida útil, en general son estables por 6 a 12 meses, dependiendo del tipo de empaque.



Etapas del proceso de producción de *leblebi*:

1. Limpieza y clasificación de garbanzos frescos: la etapa de clasificación es clave para definir el tamaño de los garbanzos porque esto impacta en el proceso de atemperado y tostado. Luego de que los garbanzos están limpios estos son separados de acuerdo al tamaño de la semilla. Para ello se usan tamizadores, los cuales en general tienen cinco tipos de dimensiones diferentes de 6 mm a 10 mm. Cada una de las fracciones obtenidas de la clasificación son procesadas por separado, además aquellos garbanzos de tamaño mayor a 10 mm se destinan a *leblebi* de alta calidad. Los criterios de calidad para la selección de garbanzos destinados a producción de *leblebi* incluyen la forma, tamaño, color y tiempo de cosecha, todas ellas varían dependiendo del cultivar, ayudando a determinar cuales garbanzos son más adecuados para elaborar *leblebi*. Preferentemente se eligen los granos grandes, de color claro, redondos y lisos, como los del tipo Kabuli (variedad producida en la Argentina). Además los garbanzos deben tener una cubierta gruesa y la cáscara debe ser fácil de remover durante el procesamiento.
2. Remojo: Esta etapa es de particular importancia ya que permite acortar el tiempo de cocción de los garbanzos. Se puede llevar a cabo usando sólo agua o salmuera.
3. Precalentamiento y reposo: los garbanzos son calentados por cinco a ocho minutos a una temperatura de aproximadamente 100° C. Luego de ello se extienden los garbanzos sobre el lecho de enfriamiento y se dejan en reposo durante un tiempo de 12 a 18 horas para lograr la disminución lenta de la temperatura. El contenedor donde se realiza esta etapa debe tener la capacidad suficiente y estar construido de material apto para estar en contacto con alimentos. Con frecuencia también se incluye una etapa de humectación en ese momento.
4. Hervido: las legumbres son cocidas para obtener un producto tierno, que pueda ser comestible y para el desarrollo de aromas. Tradicionalmente las semillas secas o remojadas son cocinadas en agua hirviendo en una bandeja a presión atmosférica durante una o dos horas o por cocción a presión elevada durante diez a quince minutos.
5. Tostado: el método usual para el tostado de legumbres consiste en exponer a los garbanzos enteros, sin descascarar, al calor seco. La bandeja sobre la cual se realiza el tostado se somete a una temperatura de 200° C a 250 ° C. En ocasiones se puede agregar sal a la bandeja de tostado que luego se separa al finalizar el proceso. Durante esta etapa ocurre la caramelización de los hidratos de carbono que se encuentran sobre la superficie del garbanzo, lo que provoca el pardeamiento característico (viraje del color desde amarillo pálido hacia amarillos oscuros o marrones) y el desarrollo de aromas y sabores agradables. Además se produce la descomposición de algunos ácidos grasos, y la pérdida de volátiles por evaporación durante el tostado. Respecto a los cambios físicos se observa un aumento en el volumen de los garbanzos, a la vez que disminuye su densidad y su peso. Originalmente los garbanzos tienen una estructura interna empaquetada, de alta densidad, libre de huecos, la cual se modifica durante el tostado. Allí el agua contenida en los garbanzos, resultado de la etapa de reposo y hervido previa se evapora, formando primero burbujas internas que luego son liberadas violentamente generando la expansión de los garbanzos, los cuales finalmente presentan una estructura porosa y una apariencia opaca.



6. Decorticado: como se explicó antes esta etapa se divide en dos partes, primero se ablanda la cáscara y luego el descascarado propiamente dicho seguido de una limpieza y acondicionamiento final de los granos.

Equipos empleados en las etapas de tratamiento térmico

Para la elaboración *leblebi* se usan tres tipos de equipos de transferencia de calor:

- Tostador de tambor cilíndrico: se aplica en la primera etapa de tratamiento térmico denominada atemperado.
- Tostador y removedor de corteza: consiste en una bandeja de calentamiento fabricada con cobre o hierro, en general se prefiere el cobre debido a su mayor capacidad de transferir calor, aunque actualmente se recomienda no utilizar este material en la fabricación de equipos para procesamiento de alimentos ya que un contacto prolongado (por ejemplo si se deja enfriar el producto sobre esa superficie) puede resultar tóxico. La superficie de la placa de calentamiento es rugosa, de esta forma facilita la remoción de la corteza de los garbanzos y favorece la transferencia de calor. Además se utiliza tradicionalmente un remo o pala hecho de madera de álamo para rotar y aplicar presión sobre los garbanzos, a fin de lograr un tostado parejo. Estos equipos operan a condiciones de temperatura en el rango de 80° C a 130° C.
- Tostador y moteador: se trata de una bandeja de acero inoxidable de aproximadamente 50 cm de diámetro la cual opera como dispositivo de transferencia de calor, y un motor adaptado a un sistema de poleas especialmente diseñado que facilita el transporte del producto a etapas siguientes. Este equipo también cuenta con una pala para el mezclar y dar movilidad a los garbanzos durante el tostado. La temperatura de operación está en el rango de 100° C a 130° C.

- **Otros snacks de legumbres**

Una vez que los granos de legumbres han sido remojados, estos deben someterse a un proceso térmico que permita la pérdida de humedad, a fin de tener un producto estable, de mayor vida útil. Una opción es el tostado u horneado, tal es el caso del procesamiento de garbanzo para producción de *leblebi*, otra alternativa es el freído. Mediante este último se logra disminuir el contenido de humedad de las legumbres por debajo de 2,5 %. Este proceso, si bien puede aplicarse a los distintos tipos de legumbres, es preferido para el procesamiento de arvejas (descrito a continuación), aunque también se expone las características de la obtención de lentejas y garbanzos fritos.

Idealmente el freído debe realizarse usando una única bandeja de fritado que mantenga y controle el perfil de temperatura del aceite durante el proceso. Tener la posibilidad de variar la temperatura de freído ayuda a mejorar la calidad del producto final, ya que durante las distintas etapas el producto sufre distintos cambios químicos y físicos, los cuales pueden controlarse en función de la temperatura. Lo adecuado es emplear temperaturas menores al inicio del proceso de freído y aumentarla hasta alcanzar la mayor temperatura cerca de la etapa final; con ello se logra la calidad adecuada del producto.

Dado que las legumbres son sensibles a las altas temperaturas, es esencial contar con un sistema de control de temperatura. Asimismo se debe definir con precisión la velocidad a la cual se aumentará la temperatura, ya que es determinante para el contenido de humedad final. Cuando la temperatura se



aumenta muy lentamente, el producto tendrá un alto contenido de humedad al final del freído, lo cual es indeseable para su calidad y estabilidad. El perfil de temperatura definido debe ser tal de no producir ampollas sobre la superficie de la semilla, ni provocar una gran expansión de la piel exterior.

Cuando los granos de legumbre se introducen en el aceite a una temperatura de 180° C se logra la adecuada expansión de la piel superficial y el menor ampollado.

La etapa inicial del proceso es crítica, por lo tanto se debe tener mayor atención a las condiciones de temperatura. Si es demasiado alta provocará la ruptura de la piel superficial dejando expuesto el cotiledón al aceite, lo que genera la pérdida de estos granos. Por otro lado, cuando la temperatura es demasiado baja, se extiende el tiempo del proceso de freído y se aumenta la absorción de aceite en el producto.

Los mejores productos son aquellos que se obtiene mediante un sistema de freído que permite cuidar la calidad y el rendimiento. Para ello es fundamental poder definir el perfil de temperatura del aceite y controlarlo a lo largo de las distintas etapas, desde el inicio hasta que las legumbres se retiran de la freidora.

El bicarbonato de sodio cumple una función importante durante el freído de legumbres, ya que mantiene una suave textura con la producción de dióxido de carbono a temperaturas superiores a 120° C. Cuando las legumbres son freídas estas desarrollan una textura más ligera y una mejor sensación en boca, ambas características son deseables para el producto final.

Etapas de producción de snacks fritos

1. Sumergido

- La primera etapa del proceso es el sumergido, para lentejas el tiempo de remojo es de 3 horas a temperatura ambiente, hasta que el contenido de humedad alcance un 50 % aproximadamente. Para los garbanzos, el tiempo de remojo es de 10 horas para alcanzar un contenido de humedad del 53 %.
- Una vez finalizado el tiempo de remojo, las legumbres son enjuagadas y escurridas para remover el agua en exceso.

2. Freído

- Las lentejas durante el freído muestran un comportamiento diferente al de las arvejas y garbanzos. Dado que las lentejas no son susceptibles a la exposición a altas temperaturas al inicio del proceso es posible aplicar una única temperatura constante a lo largo de todo el freído. Empleando una condición de temperatura de 180° C es posible disminuir rápidamente el contenido de humedad de las lentejas. Gracias a que las lentejas poseen una gran área superficial se logra una rápida transferencia de calor al interior del producto, con lo cual el tiempo de freído necesario es muy corto.
- Por su parte los garbanzos tienen una anatomía similar a las arvejas y por ello sufren algunos cambios similares durante el freído. Por ejemplo, al igual que lo explicado para arvejas, es necesario definir un perfil de temperatura del aceite, desde una menor al inicio hasta alcanzar la mayor temperatura en la etapa final para evitar el deterioro del producto y lograr la óptima calidad.

3. Centrifugado

- Como se mencionó las lentejas presentan un área superficial mayor a la de las arvejas y garbanzos, por presentar una morfología diferente. Si bien esta característica es beneficiosa porque permite reducir el tiempo de freído, provoca a su vez que una mayor cantidad de aceite quede como remanente sobre la superficie, lo cual no es deseable ya que esto aumenta significativamente el contenido graso en el producto final. Para evitarlo, luego del freído se someten a las lentejas a un proceso de centrifugación, que permite remover el aceite excedente por acción de la fuerza centrífuga. El aceite separado es recirculado nuevamente a la freidora, y es reutilizado. El contenido de humedad final de las lentejas luego del freído debe ser de 1 a 2 %, mientras que el contenido de aceite no debe superar el 30%.

4. Envasado

- Es fundamental que para el envasado de este tipo de productos se utilicen materiales de envase que brinden protección frente a las reacciones de deterioro de las grasas. Específicamente deben usarse materiales opacos, que eviten el paso de la luz al producto, ya que esta acelera las reacciones de autooxidación de los lípidos y que sean barrera al oxígeno y a la humedad.

LEGUMBRES CONGELADAS

Las legumbres congeladas o supercongeladas son producidas aplicando tecnologías innovadoras de congelación de alimentos, las cuales permiten mantener las características del producto fresco extendiendo significativamente su vida útil. A continuación se exponen las etapas principales del proceso.

1. Escaldado y cocción

Las legumbres frescas son extremadamente duras, por lo que es necesario ablandarlas mediante un proceso de cocción para que puedan ser ingeridas. Es por ello que previo al



proceso de congelación, las legumbres se someten a un tratamiento térmico, el cual puede realizarse de dos formas diferentes. Una consiste en extender el tiempo de la etapa de escaldado: se mantienen las legumbres a 95° C durante 30 minutos. Otra opción es escaldarlas primero y luego realizar una etapa de cocción adicional.

Finalizada la cocción, las legumbres son enfriadas por sumergido en agua fría hasta una temperatura de 30° C. Es importante que esto se lleve a cabo a la mayor brevedad posible para no afectar la calidad organoléptica de las legumbres. Por otro lado la importancia de disminuir la temperatura radica



en que no puede iniciarse la etapa de congelado si el producto se encuentra a una temperatura superior, ya que se pierde eficiencia energética, aumentando significativamente el costo del proceso.

2. Congelado

El método usado depende del equipo disponible. Cuando se dispone de un equipo de congelación continua (ya sea por congelado mecánico o por fluidos criogénicos), las legumbres son congeladas y luego envasadas en la línea de producción.

Por otro lado, pueden utilizarse congeladores de placa o congeladores discontinuos en los cuales el producto es primero envasado y luego congelado.

La calidad del producto final depende directamente del método de congelación utilizado, de la tecnología disponible y de las condiciones de humedad y temperatura a la cual se mantiene durante su almacenamiento y comercialización. Otra variable fundamental para la calidad del producto final es el tiempo de congelación. El mismo deberá preverse y controlarse como un punto crítico del proceso.

LEGUMBRES EN PRODUCTOS CÁRNICOS

Diversos trabajos de investigación han demostrado que las legumbres pueden utilizarse como un aglutinante o extensores en productos cárnicos. Al respecto se observó que si se adiciona hasta un 12 % de harina de lentejas en hamburguesas de carne aumenta el rendimiento de cocción. De esta forma es posible la aplicación de harina de legumbres o almidón fraccionado de legumbres para reducir el costo de formulación de ese tipo de productos; aumentar la calidad sensorial; y reducir el contenido de grasa en hasta un 50 %. Todo esto le proporciona un potencial para aumentar su vida útil además de la posibilidad de ser comercializados como alimentos libre de gluten. En referencia a esto último, se probó que al reemplazar completamente el almidón de maíz y la harina de trigo en productos cárnicos empanizados por fracciones extraídas de harina de arveja, incluyendo pechuga y trozos de pollo y pescado, se consiguió un mayor rendimiento de absorción de empanizado; menor absorción de aceite; mejor color dorado y crujiente; mayor estabilidad frente a la congelación y descongelación; y una mayor estabilidad de sus atributos de calidad en ensayos de vida útil acelerados.



Tecnologías para la industria de alimentos

PROCESAMIENTO DE LEGUMBRES: ETAPAS POSCOSECHA E INDUSTRIALIZACIÓN

FICHA N° 25

Lic. Magali Parzanese

Fuentes consultadas

- ❖ Estudio para la obtención de almidón de maíz por molienda seca y extracción de las proteínas, Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. Beltrán Gómez Orlando. México (2006).
- ❖ Pulse-milling: wet and dry fractionation applications of peas, lentils and chickpeas in gluten free foods. Mehmet C. Tulbek, Ph. D., Technical Director Northern Crops Institute Fargo, ND. Institute of Food Technologists 2010 Annual Meeting Gluten-free foods: Opportunities and challenges.
- ❖ Legumbres, arroces, y pastas alimenticias. Ángel Fálder Rivero. Enciclopedia de los alimentos. Marzo-abril 2003. p 121 a 139.
- ❖ Grain legume proteins and nutraceutical properties. Department of AgriFood Molecular Sciences, Università degli Studi di Milano, Italy. Marcello Duranti. (2006).
- ❖ Processing methods for dry peas, lentils and chickpeas. USA Dry Pea & Lentil Council.
- ❖ Traditional, value added applications of dry peas, lentils and chickpeas. USA Dry Pea & Lentil Council.