

Téc. Magali Parzanese

Las legumbres, principalmente los garbanzos, las lentejas, los porotos (o judías) y las arvejas (o guisantes) forman parte de la dieta del hombre desde la antigüedad, especialmente debido a su alto contenido en proteínas. Tradicionalmente se han denominado a estas leguminosas como “la carne de los pobres”, lo que indica que desde mucho tiempo atrás son consideradas como una fuente de proteína alternativa a la carne (la mayor parte de las legumbres tienen un contenido de proteínas mayor al 20 % en su composición de macronutrientes). Un dato curioso que demuestra esto es que en la Edad Media la Iglesia Católica recomendaba su consumo en el período de cuaresma.



En la Argentina, actualmente la cadena agroindustrial de legumbres se compone de diversos actores, donde se destacan el productor agrícola y la industria de clasificación o selección a partir del cual se definen distintos destinos: exportación como grano seco; transformación en harina; transformación en conserva u otros procesamientos agroindustriales. Lo que diferencia a las legumbres de otros granos, es la significativa importancia que tiene la etapa de selección dentro de toda la cadena; el aspecto, color y tamaño son atributos valorados por el mercado para la comercialización, ya que el mayor porcentaje de estas se consumen sin transformación. Asimismo el consumo de legumbres por habitante no es significativo, por lo que la producción nacional supera ampliamente la demanda del mercado interno, lo que determina que el mayor porcentaje se destine a exportación. Las ventajas importantes de estos productos, que son a su vez una oportunidad al momento de la comercialización a diversos mercados, son la facilidad de almacenamiento, estabilidad y extensa vida útil, luego de una previa selección y acondicionamiento.

Entre las principales razones por las que se ha visto que el consumo de legumbres está limitado se encuentran: extenso tiempo para la preparación y cocción, que se contraponen con las dinámicas de vida actuales; percepción negativa por parte de los consumidores en general sobre

estos productos, lo definen como alimento “pasado de moda”; y la falta de productos innovadores (Schneider 2002). En este sentido, el desarrollo de nuevos productos, como por ejemplo productos de panadería enriquecidos con legumbres, aislados proteicos, productos extrudidos, entre otros, podría ser una alternativa interesante para diversificar el consumo y a la vez aprovechar las ventajas nutricionales de las legumbres.

FORMULACIÓN DE PANIFICADOS Y PASTAS QUE INCORPORAN HARINAS O AISLADOS PROTEICOS DE LEGUMBRES

Cuando se afirma que las legumbres resultan una fuente importante de proteínas se debe mencionar que lo que las diferencia de las aportadas por los cereales y de las de origen animal, es su elevado contenido en lisina y bajo contenido en metionina y cisteína (aminoácidos asufrados), por lo que complementan el perfil de aminoácidos de los primeros, que se caracterizan por ser pobres en lisina y relativamente ricos en aminoácidos sulfurados.

Respecto al contenido y característica de los hidratos de carbono, las legumbres contienen almidón resistente (menor digestibilidad), por lo cual la incorporación de harinas de estos productos puede ser una opción en la formulación de alimentos reducidos en valor calórico (al no digerirse el almidón no aporta energía) o también para aportar fibra insoluble, lo que permitiría mejorar la textura, la sensación en boca y la apreciación global de estos productos.

Se debe mencionar, sin embargo, que diversos trabajos de investigación han establecido que, en general, la adición de harinas de legumbres tiene consecuencias negativas sobre las características reológicas de las masas. Esto es consecuencia, fundamentalmente, del mayor aporte de proteínas (distintas de gliadinas y gluteninas) por parte de las legumbres, lo cual disminuye (por efecto de dilución) la formación de gluten durante el amasado. La disminución del gluten, lleva irremediablemente a que las masas pierdan fuerza, obteniéndose masas más débiles, con menor posibilidad de atrapar el gas producido durante la fermentación, y por lo tanto con menor leudado. Los efectos de la adición de legumbres a la masa se aprecian también en las características del producto final, esto se debe también a lo explicado antes, ya que los alvéolos que constituyen, luego de la cocción, la miga del pan, tienen menor capacidad para retener el gas y por lo tanto la textura será menos esponjosa. Se observó, por ejemplo, que el uso de harina de garbanzo para enriquecer harinas para elaboración de pan, en una proporción mayor al 20 %, disminuye la capacidad de absorción de agua, el tiempo de desarrollo y la estabilidad de la masa. A su vez diversos autores concuerdan en que el nivel de suplementación máximo admisible para harina de trigo para pan con harina de arveja es de 10 %. Con ese porcentaje se consigue aumentar en un 22 % aproximadamente el puntaje químico de la harina y obtener a su vez, aceptabilidad sensorial.

Para superar estos defectos indeseables en los productos finales, y obtener masas estables y panificados que presenten una apreciación global satisfactoria, se pueden utilizar en la formulación diversos aditivos, principalmente oxidantes y emulsionantes, que están aprobados por la normativa vigente. Los primeros se utilizan generalmente en la elaboración de panes convencionales (sin suplementación) con el objetivo de mejorar las propiedades de la masa y por ende, la calidad final del pan. Los emulsionantes, a su vez, se emplean a fin de facilitar la interacción entre el almidón, las proteínas y lípidos que componen la masa, logrando con ello una mejor textura y mayor estabilidad del producto final. Se encontró que en la suplementación de harina de trigo tipo 000 con harina de arveja, el oxidante más adecuado es la azodicarbonamida (ADA), que se caracteriza por ser de

acción acelerada a pesar de ser insoluble en agua, y su fundamento de acción es oxidar los grupos sulfhídricos (-SH) de las proteínas, para la producción de grupos disulfuro (S-S), lo que otorga mayor fuerza a la masa, debido a que estos puentes permiten la unión más estable entre las proteínas que conforman el gluten durante el amasado. De esta manera se demuestra que es posible superar determinadas imperfecciones o defectos durante la elaboración de panificados, específicamente aquellos que son consecuencia de un defecto en el contenido de gluteninas y glutelinas, a través de la adición de compuestos exógenos que mejoran la funcionalidad de dichas proteínas.

En el mismo trabajo se concluyó que el estearoil-2-lactilato de sodio (SSL) resultó ser el emulsionante más adecuado para panes suplementados con harina de arveja, logrando un efecto satisfactorio en el aumento del volumen específico, las características sensoriales y la estabilidad del producto en el tiempo, extendiendo su vida útil. Este aditivo retrasa la gelatinización y la cristalización del almidón, gracias a que forma con la amilasa complejos insolubles, que interfieren en el reordenamiento de dichas moléculas. Es por esto último que se logra retardar el envejecimiento del pan cuando se utilizan pequeñas cantidades de SSL, a la vez que se obtiene un pan de mayor volumen (mayor capacidad de atrapar aire) y con una textura de la miga más aceptable.

Otro ejemplo a mencionar es la suplementación de harina de trigo con harina de garbanzo, evaluada en otro trabajo de investigación. El objetivo que se persiguió con esto fue, nuevamente, aumentar el contenido de proteína de adecuado valor biológico en el producto final. Para este trabajo se produjo primero harina de garbanzo de 70 % de extracción y se utilizó además harina de trigo blando de 74 y 78 % de extracción. Las proporciones de suplementación ensayadas fueron de 5, 10 y 15 % de harina de garbanzo sobre el total. Es interesante mencionar que cada harina y las mezclas se analizaron para determinar su contenido de proteínas, cenizas, fibras, grasas y maltosa, así como sedimentación, farinograma y panificación. Como resultado de todos esos análisis se encontró que la adición de harina de garbanzo aumentó el contenido de proteínas, fibras, cenizas y grasas de las mezclas, sin llegar a afectar la calidad sensorial, incluso en los niveles de 15 % de sustitución. Se observó, asimismo, un aumento en el contenido de maltosa, en la fuerza de la harina y en el volumen específico del pan. De esta manera se pudo concluir que se consiguió elaborar pan de mayor contenido de proteínas y de calidad sensorial aceptable, sin necesidad de ser incluir en la formulación aditivos mejoradores de la fuerza de la harina ni emulsionantes.



Se puede afirmar que la suplementación de harina de trigo para pan con harina de legumbres es una alternativa válida para producir panes destinados a grupos humanos con necesidades particulares, como ancianos, embarazadas, personas con mal nutrición, vegetarianos estrictos, etc. También resulta una opción excelente para el desarrollo de nuevos productos destinados a satisfacer la demanda de consumidores que buscan alimentos “más sanos”, gracias a que adquieren cada vez más información respecto a hábitos y dietas saludables. Por otro lado, la incorporación de

tales harinas en la elaboración de un producto ampliamente consumido como es el pan, se convierte en una forma más que promisorio, para agregar valor a las legumbres y diversificar su consumo.

- **Pastas secas**

Es posible suplementar la harina de trigo candeal o trigo para pasta con una proporción de 5, 10 y 20 % de harina de legumbres y elaborar productos que cumplen con las especificaciones determinadas, logrando incluso mejorar las características reológicas de la masa. La adición de 5 % de aislados de proteína de diversas legumbres en la elaboración de spaghetti permitió obtener un producto de color aceptable y cuyas características reológicas y de cocción fueron satisfactorias.

En otro trabajo, se utilizó la harina de garbanzo en la formulación de pastas secas, y se pretendió estudiar el efecto saludable de esta harina. Se concluyó que al incorporar esa harina se consigue disminuir significativamente la respuesta glucémica de los productos enriquecidos (hasta un 25 %).

- **Muffins y galletas**

Otros de los estudios realizados para diversificar el uso de harinas y aislados proteicos de legumbres en productos procesados ha sido en elaboración y evaluación de la calidad de galletas y panificados batidos. Diversos autores concluyeron que se pueden producir galletas suplementadas con características organolépticas adecuadas.

En general, el incremento del contenido en legumbres disminuye la extensibilidad de la masa, esto es consecuencia de la menor capacidad para absorber agua debido a una mayor competencia por las moléculas de agua. Vale mencionar que el agua es, en general, el agente plastificante de las masas. Al comparar entre la suplementación con altramuz contra la hecha a base de habas, se observó que esta última producía galletas más duras, más oscuras y con mejores evaluaciones sensoriales. Además se determinó que los porcentajes máximos para obtener galletas con características organolépticas adecuadas debían ser 3 % de harina de garbanzo y 12 % de harina de haba.

Se pudo ver también que la proteína de altramuz tiene la capacidad de reemplazar totalmente la funcionalidad de las proteínas de huevo y de leche en la elaboración de muffins, disminuyendo el colesterol de estos productos y originando un producto 100 % vegetal, que puede destinarse a personas vegetarianas o que sufran reacciones alérgicas con el consumo de leche, huevo o derivados de estos. Concentraciones de hasta el 3 % de harina de altramuz en muffins fueron aceptables, sin presentar cambios importantes en la percepción de la textura y el sabor.

Importancia de la inactivación de lipooxigenasas previo al uso de harina de arveja en la suplementación de harina de trigo

Las lipooxigenasas son enzimas que se encuentran naturalmente en las arvejas, y muchas otras legumbres y granos, que catalizan las reacciones de oxidación de los lípidos, lo cual acelera el deterioro de los productos por rancidez oxidativa (percepción de aromas y sabores rancios indeseables). Se trata de compuestos que en el organismo vivo son de importancia vital para su normal desarrollo, pero en el alimento producen, como resultado de su actividad, la transformación de los lípidos (específicamente de los ácidos grasos y otros lípidos oxidables) en compuestos que producen finalmente la alteración del producto, que se vuelve rancio y por lo tanto no aceptable para el consumidor. En las legumbres es muy importante que previo a la molienda para su transformación en harina, se lleve a cabo un tratamiento térmico que inactive esas enzimas.

Se ha encontrado que sometiendo a las arvejas, ya secas y acondicionadas, previo a su molienda, a condiciones de temperatura de 100° C durante 1,5 minutos por inmersión en agua, seguido de un rápido enfriamiento en agua fría, y un secado por convección en corriente de aire forzado de humedad y temperatura adecuada, se logra inactivar satisfactoriamente las lipooxigenasas que contienen las arvejas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROCESAMIENTO DE LEGUMBRES

- Ventajas:

- El enriquecimiento con legumbres de los productos elaborados con cereales permite aumentar la calidad nutricional, porque se complementa la proteína de los cereales. Se obtienen de esa forma alimentos elaborados con mayor contenido de proteína y de mayor puntaje químico.
- Para la obtención de harina de legumbres no se requiere la implementación de tecnología sofisticada.
- Se propicia el desarrollo de nuevos productos que satisfacen las demandas y tendencias del mercado actual.
- Las harinas de legumbres son una alternativa para elaborar alimentos libres de gluten.

- Desventajas:

- Es necesario instalar en el mercado estos productos que no son convencionales.
- Se requiere optimizar las condiciones de procesamiento para la molienda de los distintos tipos de legumbres, como así también determinar los porcentajes adecuados de suplementación para cada producto.

ETAPAS QUE INVOLUCRA EL PROCESO GENERAL PARA OBTENCIÓN DE HARINA DE LEGUMBRES

1. Recepción y limpieza previa

- a. **Criba de tambor:** este equipo realiza la limpieza a fondo de los granos, por lo cual reduce el desgaste de las máquinas posteriores del proceso de producción. La criba de tambor separa de forma eficaz fragmentos de paja, astillas u otras impurezas de gran tamaño. Es un equipo importante para realizar la primera selección en la etapa de recepción, ya sea que luego los granos se destinen a ser almacenadas en silos o a la transformación en plantas de procesamiento.
- b. **Tambor magnético:** Se utiliza para la separación de partículas ferrosas y otros materiales magnéticos, de productos granulares o harinosos. Esta separación es efectiva ya que se emplean imanes permanentes de alta potencia y de extensa duración. Es fundamental contar en la línea de un detector y separador de metales a fin de asegurar la ausencia de contaminación de tipo física en el producto final. Se

recomienda que se utilice un equipo de esta naturaleza previo a la molienda, para evitar la ruptura de equipos debido a materiales metálicos corriente a bajo, y uno al final para asegurar la calidad del producto.

2. Separación y clasificación

- a. **Selección óptica:** Antes de iniciar cualquier proceso de transformación es necesario clasificar las legumbres recibidas en la planta, luego de haber sido previamente sometidas a una etapa de limpieza y selección grosera. Para realizar esta operación una opción innovadora y efectiva son las clasificadoras ópticas que aplican la tecnología de separación por color. Estos equipos permiten separar sustancias extrañas, contaminación física, granos partidos, y todos aquellos productos con un tono de color no conforme, que por lo tanto no cumplen los requisitos necesarios para ingresar al proceso de transformación, siendo extremadamente precisos en su clasificación, y pudiendo ser aplicadas en plantas procesadoras de legumbres de todo tipo y de distintas escalas y capacidad de producción. A continuación se resume el funcionamiento de estos equipos mediante un esquema convencional:



1. Carga del producto a la tolva de alimentación.

2. Transporte del producto sobre placa vibrante.

3. Canal de distribución inclinado donde cada grano es controlado individualmente durante su

caída libre por cámaras que detectan variación en color y tonos (4 y 5).

4. Dependiendo de lo detectado en el control óptico el software activa o no el dispositivo neumático. Este dispositivo se acciona ante un grano no conforme y lo elimina del flujo de producto por una corriente de aire de alto caudal.

5. Algunos equipos tienen cámaras de detección adicionales, de mayor nivel de resolución óptica, lo que les provee mayor eficiencia en la selección.

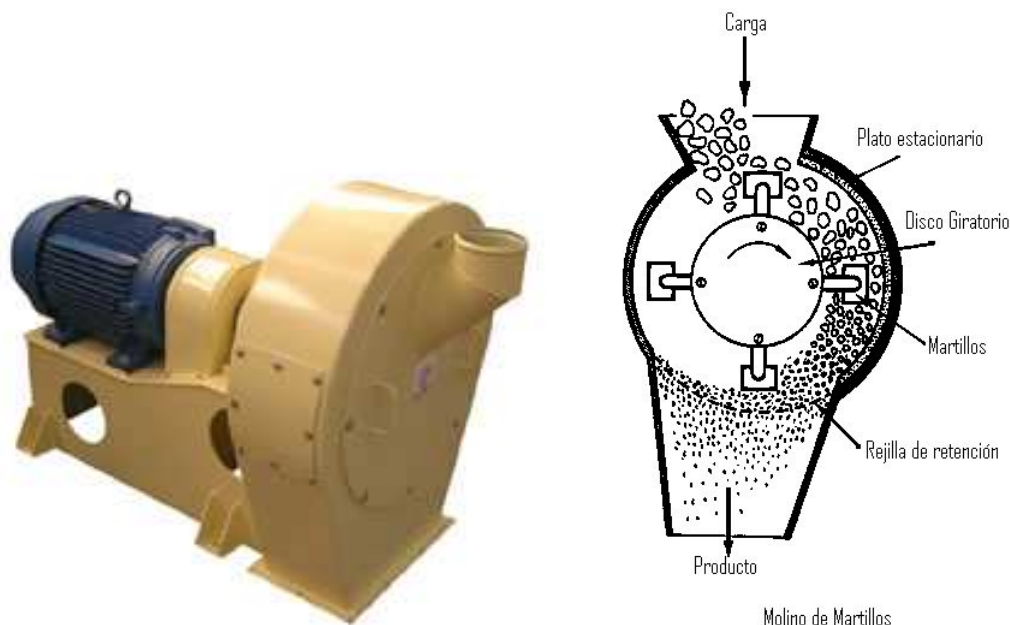
6. La electroválvula se abre ante un grano o partícula extraña no conforme y deja fluir la corriente de aire comprimido.

7. Los granos conformes continúan su flujo normalmente hasta la tolva de descarga.

8. Los granos que no cumplen con los criterios de selección se descartan mediante la acción de un chorro de aire comprimido que produce la electroválvula. Así son desviados hacia el contenedor de descarga de rechazos.

- 3. Molienda:** Para la molienda de legumbres se utilizan en general molinos de martillo, por ser estos equipos más robustos, y dar mejores resultados al ser aplicados en este sector. 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 consta de 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 cumple la función de filtro de 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. Vale destacar que cuanto menor sea el tamaño de partícula a obtener, es decir cuánto mayor sea el grado de fineza, mayor será la potencia a aplicar. Por esto último una opción válida es aplicar sucesivas etapas de molienda: realizar primero una molienda gruesa en molinos de martillo, seguido de una molienda más fina aplicando equipos de tipo molinos de impacto o de cilindros horizontales, los cuales producen granulometrías completamente micronizadas e intermedia, respectivamente.

Imagen y esquema con las partes principales de un molino de martillos



Fuente de la imagen: <http://taninos.tripod.com/molinosmartillo.htm> y <http://tecnomills.com.ar/productos/molienda-y-cernido/mma.htm>

4. Extrusión: El proceso de extrusión confiere la energía termomecánica necesaria para que se produzcan cambios físicos y químicos en el material crudo, logrando, asimismo, la homogeneización de las partículas. La combinación de calor y esfuerzos mecánicos genera cambios en la fracción amilácea del alimento (harina cruda), modificando la estructura del almidón nativo (pérdida de la cristalinidad de los gránulos y posterior gelatinización). A su vez, se produce el desdoblamiento y la desnaturalización de proteínas; la inactivación de enzimas que afectan de forma negativa a la estabilidad de los productos, por ser responsables de reacciones enzimáticas de deterioro; la destrucción de compuestos antinutricionales térmicamente lábiles; la inactivación de microorganismos; la texturización de proteínas; y la formación de complejos entre almidón y lípidos y entre proteínas y lípidos. Todos estos cambios afectan y determinan la apariencia, aroma, sabor y textura del producto final.

Actualmente el proceso de extrusión se caracteriza por ser un método de tipo alta temperatura – corto tiempo, lo que disminuye e incluso evita el perjuicio a los componentes termolábiles de los alimentos, tal como micronutrientes y compuestos volátiles responsables del sabor y aroma de los alimentos, y además favorece la generación de texturas deseables.

Lo interesante del proceso de extrusión aplicado en harinas de legumbres es la posibilidad de obtener una gran diversidad de productos, dependiendo cómo se lleve adelante el proceso y de las materias primas utilizadas. Cuando se realiza a condiciones de humedad bajas se obtienen productos de expansión directa, como snacks o harinas pre cocidas aptas para sopas, cremas y otras formulaciones de textura suave. Por otro lado, si la extrusión se hace en condiciones de alta humedad se obtienen cereales para desayuno, fideos, o harinas pre cocidas para la preparación de productos de textura granular.

Por todo esto el proceso de extrusión de harinas de legumbres crudas, solas o en mezclas con otras harinas de cereales convencionales, como trigo o maíz, es una excelente alternativa y manera de elaborar alimentos pre cocidos con un perfil nutricional caracterizado por, un mayor contenido de proteína, y menor contenido de grasa y azúcares.

Es preciso estudiar y definir las condiciones de extrusión adecuadas para el procesamiento de las distintas harinas y obtención de cada producto. Los factores y variables operativas y de diseño que más influyen en el proceso de extrusión son:

- Tamaño de partícula de la alimentación (granulometría de la harina o aislado proteico)
- Contenido de humedad
- Adición de otros ingredientes al material de alimentación (emulsificantes principalmente)
- Geometría del tornillo sin fin
- Velocidad del tornillo (revoluciones por minuto)
- Temperatura del cilindro (existe, en general, una relación directa entre el grado de cocción del material, y por lo tanto del grado de pérdida de la estructura cristalina del almidón, y la temperatura de extrusión)

Respecto a la configuración y elección del equipo de extrusión se debe mencionar que existen comercialmente una gran variedad, pero básicamente pueden diferenciarse en dos grupos: extrusores de monotornillo y extrusores de doble tornillo. Para el procesamiento de harina de legumbre cruda resultaría más adecuado el empleo del tipo doble tornillo, ya que estos son más estables y adecuados para procesos que implican varias etapas (amasado, homogeneizado, mezclado, etc.) y para lograr harinas pre gelatinizadas.

FUENTES CONSULTADAS

- INTI Cereales y Oleaginosas. Desarrollo y transferencia de tecnologías para la obtención de harinas de legumbres y productos derivados. E. Sánchez; D. Fornés; C. Canepare; M. Fournier; A. Curia; A. Flores; S. Ramírez; R. Caberta; G. Alfredo; M. Rodríguez; N. Apro; J. Rodríguez.
- Efecto de oxidantes y emulsionantes sobre la calidad del pan elaborado con incorporación de harina de arvejas inactivadas enzimáticamente. María C. Alasino, Carlos A. Osella, María A. de la Torre y Hugo D. Sánchez. Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química. Junio 2010. Información Tecnológica Vol 22 (1), 41 – 50 (2011).
- DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Alberto Edel León [et.al.]. ; edición literaria a cargo de: Alberto Edel León y Cristina Rosell. - 1a ed. - Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007. 480 p.
- CADENA DE LAS LEGUMBRES (Garbanzo, arveja y lenteja). Ing. Alimentos Cecilia Accoroni. Agencia de Extensión Rural INTA Totoras.
- Puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad (pdcaas) en la complementación proteica. Pinto Kramer Agustina, Brito Graciela, Beccio Bettina, Longo Paula, López Laura. Cátedra de Nutrición Normal. Carrera de Lic. en Nutrición. Universidad de Buenos Aires.
- “Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil”. Tesis presentada como parte de los requisitos de la Universidad Nacional del Litoral para la obtención del Grado Académico de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto De Tecnología De Alimentos (FIQ). Tesista: Bioqca. María Celia Alasino Director: Ing. Hugo Diego Sánchez Co – Directora: Bioqca. María Adela de la Torre. (2009).