

Factores no-nutritivos en Fuentes Proteicas de Origen Vegetal. Su Implicación en Nutrición y Salud

Fatores Não-Nutritivos em Fontes Proteicas de Origen Vegetal. Sua Aplicação em Nutrição e Saúde

AUTORES AUTHORS

✉ **Mercedes MUZQUIZ***
Mercedes M. PEDROSA
España Alejandro J. VARELA
Eva GUILLAMÓN
Carmen GOYOAGA
Carmen CUADRADO
Carmen BURBANO

Dpto. Tecnología de Alimentos,
SGIT-INIA, Apto. 8111,
28080 Madrid, España.
*e-mail: muzquiz@inia.es

RESUMEN

Hoy en día uno de los temas más controvertidos es el de fijar una dieta óptima para el ser humano. Las últimas recomendaciones (OMS - FDA) en relación con nutrición y salud aconsejan: una dieta variada y equilibrada, un aporte de alimentos vegetales de un 75% y un aporte de alimentos animales de un 25%. Numerosos estudios epidemiológicos indican que una dieta a base de vegetales puede reducir el riesgo de enfermedades crónicas, como cáncer, enfermedades cardiovasculares e otros. Sin embargo, a la hora de utilizar esta proteína vegetal también vamos a encontrarnos con una serie de compuestos, globalmente conocidos como antinutrientes, que en general dificultan la asimilación por los organismos vivos de algunos de sus componentes más interesantes, y en algunos casos pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables (flatulencia). Recientemente se ha visto, que estos compuestos en pequeñas cantidades, pueden ser también muy beneficiosos para la salud en la prevención de enfermedades. Por lo que actualmente se les está denominando compuestos no-nutritivos ya que, si bien carecen de valor nutritivo, no siempre resultan perjudiciales. Desde el punto de vista bioquímico los compuestos no-nutritivos son de naturaleza muy variada, no aparecen por igual en todas las plantas y sus efectos fisiológicos son también diferentes. Las leguminosas se están considerando actualmente como alimentos funcionales ya que contienen un gran número de estos compuestos no-nutritivos que son calificados como fitoquímicos ya que reportan grandes beneficios para la salud humana.

RESUMO

Atualmente um dos temas mais controvertidos é estabelecer uma dieta ótima para o ser humano. As últimas recomendações (OMS/FDA), em relação à nutrição e saúde aconselham uma dieta variada e equilibrada, com um aporte de 75% de alimentos vegetais e 25% de alimentos de origem animal. Numerosos estudos epidemiológicos indicam que uma dieta à base de vegetais pode reduzir o risco de enfermidades crônicas como o câncer, cardiovasculares e outras. Contudo na hora de utilizar esta proteína vegetal também vamos deparar com uma série de compostos, globalmente conhecidos como antinutrientes, que em geral dificultam a assimilação de alguns componentes mais interessantes pelos organismos vivos. Em alguns casos podem chegar a ser tóxicos ou causar efeitos fisiológicos pouco desejáveis (flatulência). Recentemente tem sido observado, que estes compostos em pequenas quantidades, podem ser muito benéficos para a saúde, na prevenção de enfermidades. Por isso, estão sendo denominados atualmente como compostos não-nutritivos, pois embora sejam desprovidos de valor nutritivo, nem sempre resultam prejudiciais. Do ponto de vista bioquímico, os compostos não-nutritivos são de natureza muito variada, não aparecem por igual nas mesmas plantas e seus efeitos fisiológicos também são diferentes. As leguminosas estão sendo consideradas como alimentos funcionais, já que contêm um grande número destes compostos não-nutritivos, que são classificados como fitoquímicos já que propiciam grandes benefícios para a saúde humana.

PALAVRAS-CHAVE KEY WORDS

fatores não-nutritivos, lectinas,
-galactosídeos, fitatos, alcalóides.
factores no-nutritivos, lectinas,
-galactósidos, fitatos, alcaloídes.

1. INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido, los temas relacionados con la calidad y seguridad de los alimentos están adquiriendo cada vez más importancia. Los consumidores buscan una mayor diversidad de alimentos y más sanos, especialmente a raíz de las recientes crisis en la alimentación (Dioxinas, Encefalopatía Espongiforme Bovina, o Fiebre Aftosa).

Hasta la década de los 80 la investigación científica se centró en dos puntos principales:

1 - En la determinación de los aspectos positivos de los diferentes alimentos, como son establecer su valor nutritivo o sus cualidades organolépticas.

2 - En el estudio de los efectos negativos de los alimentos sobre la salud, bien por que los alimentos suponían un riesgo debido a la presencia de sustancias tóxicas naturales, bien por que durante la elaboración de los alimentos se podían formar sustancias perjudiciales o bien por la presencia de contaminantes.

En los últimos años este enfoque científico ha cambiado considerablemente, debido a la posibilidad de modificar la composición o la estructura de los alimentos, de incrementar su valor nutritivo, reducir o eliminar componentes no deseables o incrementar el contenido de sustancias deseables, lo cual aportaría un valor añadido al producto. En muchos casos se trata de detectar y mejorar determinadas propiedades de los alimentos con una perspectiva no de estricta prevención, sino de reducción de riesgos.

Los avances en los conocimientos en bioquímica y nutrición, así como el desarrollo de estudios epidemiológicos en relación con alimentación y salud, han puesto de manifiesto la necesidad de establecer una dieta óptima.

Hoy en día uno de los temas más controvertidos es el de fijar una dieta óptima para el ser humano. Por una parte los hábitos alimenticios son muy diferentes en cada parte del mundo y por otra parte los alimentos son también distintos.

Las últimas recomendaciones (OMS-FDA) en relación con nutrición y salud aconsejan una dieta variada y equilibrada, un aporte de alimentos de origen vegetal de un 75% y un aporte de alimentos de origen animal de un 25%.

Numerosos estudios epidemiológicos indican que una dieta a base de vegetales puede reducir el riesgo de enfermedades crónicas, especialmente el cáncer. Y en este contexto, las plantas destinadas a la alimentación están adquiriendo cada vez más importancia.

El reino vegetal satisface una parte considerable de las necesidades de alimentación para el hombre y, dependiendo de cada una de las especies vegetales, se utiliza una determinada parte de la estructura de la planta desde raíces o tubérculos a tallos, hojas, flores, frutos y semillas. De las 350.000 especies botánicas documentadas, unas 3.000 se han usado históricamente en alimentación humana, pero sólo unas 150 especies son cultivadas (BORLAUG, 1981).

La familia de las leguminosas comprende uno de los grupos más extensos en cuanto a número de especies. Existen unas 18.000 especies de leguminosas, 50 de las cuales son

interesantes desde el punto de vista dietético. De acuerdo con los datos de WITTEWER (1980) sólo 24 cultivos son "esenciales" en la alimentación, ocupando las leguminosas el segundo lugar en producción, tras los cereales, con 8 especies producidas a nivel mundial. Por lo tanto, en el contexto de plantas dedicadas a la alimentación podemos decir que las leguminosas son unas de las más interesantes cualitativa y cuantitativamente.

Las leguminosas se consideran un alimento básico ya que proporcionan un buen aporte de nutrientes:

- Poseen un elevado contenido proteico, muy superior al de los cereales, aunque presentan grandes diferencias entre las diferentes especies y variedades (15-40%). El perfil de aminoácidos de la semilla ha sido ampliamente estudiado y se sabe que presentan un bajo contenido en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), aunque son ricas en lisina, aminoácido del que son altamente deficientes los cereales.
- Son una importante fuente de glúcidos (25-60%), de los cuales la principal fracción corresponde al almidón (hasta un 60% del total de glúcidos), en segundo lugar se encuentran los oligosacáridos de la familia de la rafinosa (30-80%).
- Presentan un bajo nivel de grasa (1-7%), salvo en las oleaginosas que puede alcanzar hasta un 40% (cacahuete). Son ricas en ácidos grasos insaturados (55-57% del total de lípidos), siendo los principales los ácidos oleico, linoleico y linolénico.
- Suponen una importante fuente de fibra (2-13%), siendo la celulosa y la hemicelulosa los principales componentes.

EFFECTOS DE LAS LECTINAS

Como antinutriente

- Su efecto antinutritivo se debe a su alta resistencia a la degradación proteolítica in vivo.
- A su capacidad para reconocer y unirse a restos azucarados de células del epitelio intestinal. Hiperplasia.
- Su toxicidad es variable, pero algunas lectinas (PHA) producen una severa disminución del crecimiento e incluso pueden llegar a ser letales.

- e) Tienen un adecuado contenido mineral: Ca, Fe, K, P, Zn, Cu. Su contenido en calcio es superior a los cereales.
- f) Presentan un contenido de vitaminas relativamente bajo, aunque en general se las considera una buena fuente de vitaminas del grupo B (B₁, B₂, ácido fólico y niacina) y vitamina E.

Sin embargo a la hora de utilizar esta proteína vegetal encontramos una serie de compuestos, globalmente conocidos como antinutrientes, que en general dificultan la asimilación por los organismos vivos de algunos de sus componentes más interesantes, y en algunos casos pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables como la flatulencia (ALONSO et al., 2000; BRENES et al., 1998; PEDROSA et al., 1997; RUBIO et al. 2000), aunque recientemente se ha visto que estos compuestos en pequeñas cantidades pueden ser también muy beneficiosos para la salud en la prevención de enfermedades como cáncer, enfermedades coronarias, etc. (THOMPSON, 1993; DILLARD y GERMAN, 2000) por lo que actualmente se les está denominando compuestos no-nutritivos o factores nutricionalmente bioactivos ya que, si bien carecen de valor nutritivo, no siempre resultan perjudiciales.

Alguno de estos compuestos juegan un papel

importante como defensa de la planta frente al ataque de todo tipo de depredadores y otros son compuestos de reserva que se acumulan en las semillas y van a ser utilizados a lo largo del proceso germinativo.

La enorme importancia que se está dando actualmente en todo el mundo y sobre todo en la Unión Europea a los cultivos destinados a la alimentación y a su implicación en la salud humana, así como el auge que se está dando a la Dieta Mediterránea, y el actual problema de la Encefalopatía Espongiforme Bovina, hace que todos estos compuestos no-nutritivos estén adquiriendo cada vez mayor interés.

Desde el punto de vista bioquímico los compuestos no-nutritivos son de naturaleza muy variada, no aparecen por igual en todas las plantas; sus efectos fisiológicos son distintos y por lo tanto su metodología de extracción, determinación y cuantificación tiene que ser también muy específica. Desde hace algunos años, se está viendo que en bajas concentraciones algunos son muy beneficiosos para la salud por lo que muchos compuestos no-nutritivos se están identificando como fitoquímicos (anticancerígenos, hipocolesterolémicos o hipoglucémicos). Por tanto, las leguminosas que contienen un gran número de estos compuestos que son calificados como fitoquímicos, se están

EFFECTOS DE LAS LECTINAS

Como pronutriente

- ✓ Efecto insulino-mimético.
- ✓ Inhiben el crecimiento tumoral.
- ✓ Son coadyuvantes en la vacunación oral.
- ✓ Tienen un efecto prebiótico.

Mecanismo de Acción

- Elevan catabolismo de glucosa.
- Disminuyen la absorción de nutrientes: menor crecimiento celular.
- Incrementan producción de anticuerpos.
- Aumento de materia fermentable en el colon, producción de Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC).

considerando como “alimentos funcionales”. Aunque en la Unión Europea no existe una definición legal de alimento funcional, se acepta en la actualidad la definición de consenso alcanzada en 1999 a través de la Acción Concertada FUFOSE (Functional Food Science in Europe): “Un alimento funcional es cualquier alimento que puede proporcionar un beneficio para la salud bien incrementando el bienestar o bien disminuyendo el riesgo de enfermedad, además de los tradicionalmente nutritivos”.

El término “fitoquímico” constituye la evolución más reciente del término “alimento funcional” y enfatiza las fuentes vegetales de la mayoría de los compuestos no nutritivos preventivos de enfermedades. Desde este punto de vista no cabe duda que los compuestos mencionados pueden ser considerados como fitoquímicos.

EFFECTO DE LOS α -GALACTOSIDOS

Como antinutriente

- Producción de flatulencia

Parece evidente que, en muchos casos, la misma interacción que hace que estos compuestos sean considerados como antinutrientes es la responsable de sus efectos beneficiosos. Los datos disponibles indican también que el balance entre los efectos perjudiciales y beneficiosos de estos compuestos será función de la concentración, del tiempo de exposición así como de la interacción con otros componentes de la dieta.

En el 4th International Workshop on Antinutritional Factors in Legume seeds and Oilseeds celebrado en Toledo, España en marzo de 2004 se recaló la importancia de estos compuestos en nutrición humana, así como sus efectos positivos y negativos y los mecanismos de acción ya que la comprensión científica de cómo estos componentes no nutricionales o fitoquímicos actúan en el organismo apenas está en sus inicios y es el reto más importante que tenemos en el futuro.

Se exponen a continuación algunos de estos compuestos, incidiendo principalmente en sus implicaciones como pronutrientes y antinutrientes.

1.1 Lectinas

Las lectinas se definen como proteínas o glicoproteínas de naturaleza no-inmune capaces de reconocer

EFFECTO DE LOS α -GALACTOSIDOS

Como Pronutriente

- ✓ Actúan como fibra alimentaria.
- ✓ Efecto hipocolesterolémico.
- ✓ Disminuyen el índice glicémico
- ✓ Efecto prebiótico.
- ✓ Efecto antitumoral.

Mecanismo de Acción

- Son fermentados en el colon por la flora intestinal.
- Producción AGCC y descenso del pH.
- Los AGCC son absorbidos en un 90-95%. Fuente energética, lipogénesis, gluconeogénesis.
- Ácido butírico induce apoptosis en células tumorales in vitro.

carbohidratos y glicoconjugados con una alta especificidad y de unirse a ellos de forma reversible sin alterar su estructura. Esta reacción se pone de manifiesto in vitro por la aglutinación de eritrocitos de diferentes especies de animales. Aunque inicialmente se descubrieron en extractos de leguminosas, sin embargo las lectinas no son exclusivas de vegetales,

EFFECTO DE LOS FITATOS

Como antinutriente

- Disminuyen la absorción de Ca^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} .
- Forman complejos insolubles con las proteínas paralizando muchas reacciones enzimáticas
- Disminución de la digestibilidad proteica.

habiéndose demostrado su existencia en la mayoría de los organismos vivos, desde virus a vertebrados (GRANT Y VAN DRIESSCHE, 1993). Desde el punto de vista nutritivo, las más importantes son las lectinas vegetales.

Su efecto antinutritivo se debe a su alta resistencia a la degradación proteolítica "in vivo" y a su capacidad para reconocer y unirse a restos azucarados de células del epitelio intestinal. Su toxicidad es variable; tan solo alguna de ellas han mostrado efectos deletereos en los animales tras su consumo, pero algunas lectinas (PHA) producen una severa disminución del crecimiento e incluso pueden llegar a ser letales. Parece ser que las lectinas tóxicas interfieren con el balance hormonal y producen alteraciones en el metabolismo de lípidos y proteínas (PUSZTAI et al., 1996; VAN DAMME et al., 1998).

Como efectos beneficiosos más importantes se ha demostrado que estos compuestos inhiben el crecimiento tumoral, actúan como insulinoiméticos y tienen un efecto similar a probióticos (PUSZTAI, 1996) ya que se produce un aumento de la materia fermentable en el colon. Son además coadyuvantes de la vacunación oral pues incrementan la producción de anticuerpos.

Son sintetizados durante el desarrollo de la semilla y la planta las utiliza como fuente de aminoácidos aunque su principal función parece ser la defensa de la planta frente a hongos, insectos y nemátodos.

1.2 Oligosacáridos de la rafinosa. -galactósidos

Los oligosacáridos de la rafinosa o -galactósidos,

EFFECTO DE LOS FITATOS

Como pronutriente

- ✓ Disminuyen el índice glicémico.
- ✓ Previenen el cáncer de colon.
- ✓ Actúan como antioxidantes.
- ✓ Previenen la formación de cálculos renales.

Mecanismo de Acción

- Inhiben amilasas, llega más almidón a intestino
- Quelan radicales férricos promotores de cáncer, quelan Zn^{2+} necesario para síntesis de ADN.
- Inhiben la peroxidasa.
- Quelan Ca^{2+} , se reduce formación cristales de hidroxiapatita.

están formados por residuos -D-galactopiranosil unidos por la unidad glucosa de la sacarosa (KANDLER y HOPF, 1980). La unidad base es la sacarosa a la que se une una molécula de galactosa formando la rafinosa; a ésta se le une una o dos moléculas del mismo azúcar resultando la estaquiosa y la verbascosa respectivamente. Están presentes en cantidades variables y son compuestos de reserva en órganos vegetativos y en semillas de numerosas plantas.

Estos compuestos no son digeridos por el hombre y los animales monogástricos debido a la ausencia de la enzima -1,6-galactosidasa en su mucosa intestinal. Como consecuencia de ello, estos azúcares no pasan a la sangre sino al colon donde son fermentados por bacterias intestinales con una considerable producción de gas, principalmente dióxido de carbono, hidrógeno y metano (PRICE et al., 1988). Esta producción de gases es la responsable de la flatulencia que se manifiesta en forma de náuseas, contracciones musculares, diarreas, etc. Aquellos oligosacáridos de cadenas de galactosa más largas parecen ser los que producen mayor flatulencia. Además tienen un papel importante en nutrición, ya que se consideran responsables de reducir la digestibilidad de la proteína al inhibir la actividad proteasa (VIDAL-VALVERDE et al., 1993).

Por otra parte, parece que estos compuestos pueden tener también un efecto favorable sobre el metabolismo de lípidos y carbohidratos similar al de la fibra ingerida en la dieta (SCHRUIVER, 1996).

El hombre no puede digerir estos compuestos, por lo que llegan al colon donde son fermentados por las bacterias intestinales, produciendo ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y un descenso del pH por lo que actúan como fibra dietética, disminuyen el colesterol, disminuyen el índice glicémico y tienen un efecto prebiótico sobre la flora intestinal. Esto también produciría un menor riesgo de padecer cáncer de colon ya que se ha visto que el ácido butírico induce la apoptosis de células tumorales in vitro. Los ácidos grasos de cadena corta son absorbidos en el colon en un 90-95% llegando al hígado donde pueden ser usados como fuente energética o incorporarse a las rutas de lipogénesis o gluconeogénesis (DELZENNE y ROBERFROID, 1994; MESSINA, 1999).

Se sintetizan y se acumulan en el citosol de los cotiledones durante el desarrollo de la semilla y su concentración varía dependiendo de la especie así como de la variedad dentro de una misma leguminosa (BURBANO et al., 1999).

Se ha visto que estos compuestos juegan un importante papel en la viabilidad de las semillas, observándose que las semillas con mayor porcentaje de -galactósidos presentan mayor viabilidad. Asimismo, se ha observado una acumulación de estos compuestos durante la etapa de maduración de las semillas; los -galactósidos proporcionan un microambiente óptimo durante la dormición de las semillas, debido a la unión de las moléculas de agua a diferentes grupos

EFFECTO DE LOS ALCALOIDES QUINOLIZIDÍNICOS

Como antinutriente

Los alcaloides alteran el sistema nervioso central ocasionando:

- Náuseas
- Midriasis
- Parálisis del sistema respiratorio conjuntamente con otros trastornos de la vista
- Trastornos en el sentido del equilibrio
- Diaforesis
- Estado de debilidad progresivo
- Coma

Como pronutriente

- Efecto sobre la musculatura lisa y uterina (induce las contracciones del útero y acelera el parto)
- Capacidad antiarrítmica
- Reducción de los niveles de azúcar en sangre
- Se pueden utilizar como bioinsecticidas

hidroxilos, lo que protege a las membranas y a las moléculas bioactivas durante el proceso de desecación. Se ha propuesto un mecanismo similar para el proceso de aclimatación al frío de diferentes vegetales (CASTILLO et al., 1990).

1.3 Ácido Fítico

El ácido fítico, mio-inositol hexakisfosfato (IP6), y sus sales derivadas constituyen la mayor reserva de fósforo y mio-inositol de las semillas de cereales y leguminosas.

Desde el punto de vista nutricional, el interés del ácido fítico se debe principalmente a su capacidad de formar complejos con minerales esenciales (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , y Ca^{2+}) lo que disminuye la absorción intestinal y la biodisponibilidad de estos minerales. IP6 e IP5 son los que tienen un mayor efecto negativo, ya que los menos fosforilados poseen baja capacidad para unir cationes inorgánicos (HARLAND, 1995).

Además, interactúan con residuos básicos de proteínas formando complejos, como proteína-fitado y proteína-fitado-mineral, por lo que se paralizan muchas

reacciones enzimáticas a nivel digestivo (REDDY et al., 1882; REDDY et al., 1988).

Pero el consumo de fitatos no solamente tiene efectos negativos sobre la salud humana. Estudios comparativos entre países industrializados y en vías de desarrollo muestran que existen diferencias significativas en la frecuencia de enfermedades como cáncer de colon, caries, piedras en el riñón y enfermedades cardiovasculares. Estas diferencias parecen deberse a una mayor ingestión de fitatos en la dieta de los países en desarrollo lo que produce un efecto positivo sobre estas enfermedades (GREINER y KONIETZNY, 1997).

Trabajos recientes muestran que las formas menos fosforiladas favorecen la absorción intestinal de minerales. Disminuyen el índice glicémico pues inhiben amilasas. Quelan radicales Fe^{3+} y Zn^{2+} por lo que previenen el cáncer de colon. Actúan además como antioxidantes pues inhiben la peroxidasa y previenen la formación de cálculos renales pues se reduce la formación de cristales de hidroxapatita (KONIETZNY y GREINER, 2003; GRAF y EATON, 1993).

Uno de los problemas asociados al consumo de fitatos

PROCESADO TRADICIONAL DE LAS LEGUMINOSAS

1. Tratamientos no térmicos:

- IMBIBICIÓN
- GERMINACIÓN
- DESCASCARILLADO
- FERMENTACIÓN

2. Tratamientos térmicos:

- COCCIÓN
- AUTOCLAVADO
- TOSTADO

Buen perfil de nutrientes.

Aumenta la digestibilidad in vitro de proteínas y carbohidratos.

Se inactivan inhibidores de proteasas, amilasas y lectinas.

Se reducen (25-98%) taninos, saponinas, -galactósidos.

Tiempos largos para la obtención de buenos resultados.

Germinación >3 días

Imbibición, aprox. 12 h

Cocción 20-60 min.

es que los no rumiantes, incluido el hombre, no pueden utilizarlos debido a la falta de fitasas intestinales por lo que el fitato tiene que ser eliminado durante el procesado y preparación de los alimentos o la digestión de los mismos en el estómago.

Las fitasas, fosfatasas que hidrolizan fitatos liberando ésteres fosfato de mioinositol y fosfato, han sido ampliamente estudiadas en los últimos años debido al gran interés en usar estas enzimas para degradar los fitatos que presentan las materias primas empleadas en alimentación animal y humana. Solamente algunas han sido purificadas y totalmente caracterizadas.

En el mercado existen fitasas comerciales de Basf o Novo-Roche de origen microbiano. Actualmente se están añadiendo a los piensos con la idea de reducir el aporte de fósforo que se incluye en las raciones y reducir la contaminación ambiental.

Añadiendo fitasas a la dieta o bien utilizando leguminosas germinadas (ya que durante la germinación los fitatos son degradados por fitasas de la semilla) se mejora el valor nutritivo (GREINER et al., 1995; AYET et al., 1997).

1.4 Alcaloides

Dentro de las leguminosas, el género *Lupinus* se está utilizando en muchos países como un sustituto de la soja para alimentación tanto animal como humana, por su alto

contenido en proteína. España es uno de los países más rico en flora autóctona del lupino con muchas especies que pueden ser usadas como material genético y que pueden ser cultivadas en el oeste de la Península Ibérica principalmente en suelos silíceos, arenosos y ácidos (LÓPEZ BELLIDO y FUENTES, 1991).

Las especies de mayor interés por su potencial desde el punto de vista alimenticio son: *Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus luteus*, *Lupinus consentinii*, *Lupinus hispanicus* (ssp *hispanicus* y ssp *bicolor*) y *Lupinus mutabilis*. De todas estas especies, *L. mutabilis* es la que contiene mayor concentración de proteína (50%) y grasa (20%).

Desde el punto de vista de la toxicidad, los alcaloides son, sin duda, el principal compuesto no nutritivo en estas plantas. Los alcaloides del género *Lupinus* son principalmente alcaloides quinolizidínicos, que se encuentran en diferente concentración y varían según la especie.

Los efectos tóxicos de estos alcaloides no son acumulativos y son rápidamente excretados por el riñón, siempre que la cantidad total de alcaloides no exceda un determinado nivel. Los límites de toxicidad que están aceptados son 0,02% para nutrición humana y 0,03% para nutrición animal. Es por lo tanto importante conocer la cantidad de alcaloides presentes y los niveles tóxicos de los alcaloides individuales ya que no todos tienen la misma toxicidad. Por ejemplo, la esparteína y la lupanina son los más tóxicos.

Por otra parte, algunos alcaloides del lupino son conocidos por sus efectos farmacológicos, así por ejemplo, la

OTROS PROCESADOS APLICABLES A LAS LEGUMINOSAS

1. Tratamientos térmicos:

- EXTRUSION / COCCIÓN
(EXTRUSION HTST)

- MICROONDAS

2. Tratamientos no térmicos:

- ALTAS PRESIONES

- CAMPOS ELÉCTRICOS

esparteína se usa en cardiología debido a su capacidad antiarrítmica y en obstetricia ya que induce las contracciones del útero y acelera el parto al mantener la síntesis de prostaglandina F; a la multiflorina, podría deberse efecto hipoglucemiante (CULVENOR et al., 1986; WINK, 1998).

Actualmente existen también variedades con muy bajo contenido en alcaloides obtenidas por mejora genética de *Lupinus albus*, *L. luteus*, *L. angustifolius*, y *L. mutabilis*.

Aunque existen diferentes métodos para la determinación de alcaloides (TLC, HPLC, colorimetría, NMR, RIA, CE y ELISA), el método de cromatografía de gases utilizando columnas capilares y un detector de nitrógeno-fósforo fue el aceptado como método oficial de determinación de los alcaloides del lupino en la 6th International Lupin Conference celebrada en Chile en 1990. El método de Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas nos permite cuantificar e identificar los alcaloides de las distintas especies (MUZQUIZ et al., 1994; WINK et al., 1996).

Últimamente se están considerando dos vías de actuación con relación al uso de los lupinos:

Obtención mediante mejora genética de variedades dulces, con un contenido muy bajo en alcaloides, y utilizables directamente para alimentación humana.

Las variedades amargas, ricas en alcaloides, pueden ser utilizadas para alimentación después de un proceso de desamargado. En este proceso se obtiene una torta proteica desamargada y un extracto donde estarían los alcaloides a los que cabe la posibilidad de dar un valor añadido para que el proceso resulte rentable.

Dado que los alcaloides parecen jugar un papel muy importante en el sistema de defensa de la planta se ha estudiado la capacidad antigerminativa (MUZQUIZ et al., 1994), fungicida (DE LA CUADRA et al. 1994) y bactericida (DE LA VEGA et al. 1996) de los alcaloides mayoritarios (esparteína, lupanina, lupinina y gramina) de las diferentes especies del género *Lupinus*, a fin de evaluar la posibilidad de emplearlos en el desarrollo de plaguicidas naturales. También se están haciendo estudios en animales monogástricos para ver su efecto sobre el colesterol y su efecto hipoglucemiante.

Aparte de estos ejemplos de compuestos no-nutritivos de naturaleza proteica y no proteica, otros muchos componentes como inhibidores de proteasa, taninos, fitoestrógenos, etc. se consideran también muy importantes por sus implicaciones en nutrición y salud.

1.5 Procesados

Como ya se ha indicado las leguminosas son ricas en fitoquímicos, pero no todas las leguminosas presentan los mismos fitoquímicos ni en las mismas proporciones, ni contienen los mismos niveles de compuestos de carácter nutritivo, por lo que la posibilidad de aumentar o disminuir algunos componentes específicos de las leguminosas mediante la aplicación de procesados abre una interesante perspectiva de cara al futuro.

Tradicionalmente las leguminosas han sido procesadas previamente a su consumo, siendo el principal objetivo de estos procesados el ablandamiento de los

cotiledones. Pero no sólo se busca facilitar su consumo, mejorar los perfiles de sus componentes nutritivos y mejorar sus propiedades organolépticas, sino que también se busca eliminar, reducir o inactivar componentes no deseables en los alimentos (CAMPELL y VAN DER POEL, 1988; MELCION y VAN DER POEL, 1993; OGUN et al., 1989).

Entre los principales procesados tradicionales podemos destacar:

- Procesados no térmicos** como son la imbibición, germinación, descascarillado o la fermentación.
- Procesados térmicos.** Probablemente sean los métodos de procesamiento más extendidos. Los más clásicos son la cocción a presión atmosférica o a alta presión (autoclavado) y el tostado.

En términos generales estos procesados permiten la obtención de alimentos con un buen perfil de nutrientes, un aumento en la digestibilidad *in vitro* de proteínas y carbohidratos, al tiempo que se obtiene reducciones de entre un 40-98% en el contenido de algunos compuestos como -galactósidos, inhibidores de proteasas, taninos o lectinas. Sin embargo, como inconvenientes podemos citar que en los procesados no térmicos, como la germinación, para lograr los cambios deseados se requieren periodos superiores a los 3 días. En los procesados térmicos el tiempo necesario para reducir en un 70% el contenido de inhibidores de proteasa llega hasta 1 hora a 100°C si no se realiza imbibición previa. Los tiempos medios de imbibición están alrededor de las 12 horas.

La creciente demanda de productos alimenticios cuya calidad nutricional y sensorial se mantenga o mejore, ha conducido a la introducción de nuevas tecnologías en el campo de los procesados de alimentos.

Existen una serie de procesados tecnológicos que pueden ser aplicados a las leguminosas de manera que nos permitan un mejor uso de la proteína vegetal y lograr cambios en su composición de manera controlada, en poco tiempo y con menor coste de energía. La aplicación de estos procesados a alimentos de consumo tradicional como son las legumbres nos permitirá proporcionar a los consumidores alimentos nuevos sin necesidad de verse forzados a aceptar nuevas fuentes de proteína.

Las ventajas de la extrusión en caliente frente a otros procesados térmicos son la mejora del valor nutritivo de la materia prima a un bajo coste comparado con otros tratamientos térmicos y es además una técnica de procesamiento versátil que nos permite obtener una variedad de productos con diferentes forma, texturas y caracteres organolépticos a partir de materias primas básicas similares, pudiendo acomodarse fácilmente a las demandas del mercado.

También se ha visto que puede facilitar la reducción de factores termolábiles como las lectinas e inhibidores de tripsina, al tiempo que aumentaría la digestibilidad del almidón y la proteína. En algunos trabajos se señala que disminuyen el contenido de taninos e isoflavonas de la soja (ALONSO et al., 2001; POLTRONIERI et al. 2000).

Hay resultados contradictorios en cuanto al efecto del microondas sobre los nutrientes de los alimentos, algunos sugieren que el aumento del valor nutritivo se logra sólo si se usan tiempos cortos y potencias bajas. Parece ser que el

parámetro que más influye en los resultados es la potencia, pero hay pocos datos sobre la optimización de parámetros físico implicados en el proceso.

Algunos trabajos realizados en soja, utilizando semillas secas o en remojo, y variando las condiciones de tiempo y temperatura muestran una reducción del contenido de inhibidores de tripsina y de lectinas, y mejoras en la digestibilidad del almidón, sin afectar a la calidad nutricional de forma importante (ESAKA et al., 1987; MAHUNGU et al., 1999; RAJKÓ y SZABÓ, 1997).

Los tratamientos por altas presiones y por campos eléctricos son utilizados normalmente como alternativa o complemento a los métodos tradicionales de conservación para lograr alimentos con características propias de alimentos "frescos". Producen la destrucción de microorganismos por alteraciones en sus membranas, pero también se ha visto que afectan a los componentes nutritivos de los alimentos.

1. El tratamiento mediante altas presiones (P de 1000 bar) en general no afecta a azúcares y vitaminas pero sí modifica irreversiblemente proteínas, polisacáridos y gelifica lípidos de forma irreversible (BARBOSA et al., 1997; PATTERSON, 1998).

2. El tratamiento mediante campos eléctricos puede inactivar enzimas en función de la temperatura, pH, fuerza iónica del alimento y de la duración del campo eléctrico.

La **mejora genética** de la calidad nutritiva también es una forma de modificar el contenido de estos componentes no-nutritivos. Así, por ejemplo, se ha conseguido por mejora genética eliminar los alcaloides de distintas especies del género *Lupinus* o disminuir el contenido de vicina y convicina en habas.

En el caso de la mejora clásica las modificaciones genéticas pueden ocurrir de forma espontánea en la naturaleza, y el hombre, consciente de ello, ha tratado de aprovecharlas tanto en el campo de la agricultura para la mejora de cultivos como en el de la ganadería para la cría de animales (DUC et al., 1989).

Actualmente se abren también muchas posibilidades con las plantas genéticamente modificadas, ya que la **ingeniería genética** permite dirigir selectivamente esas modificaciones y conocer la estructura molecular de las mismas.

Las técnicas modernas de manipulación genética ofrecen la posibilidad de actuar sobre la información contenida en el material hereditario, eliminando o añadiendo genes, pertenecientes incluso a especies diferentes o bien modificando la expresión de los mismos, dando como resultado la obtención de organismos modificados genéticamente, OMG (MONSANTO, 2001).

No cabe duda que los OMG y en particular las plantas genéticamente modificadas abren un panorama importantísimo constituyendo sin ninguna duda uno de los campos de investigación más prometedores desde el punto de vista agrícola y de alimentación y salud. Sin embargo, y relacionado con el campo de la alimentación, se debe seguir investigando para evitar consecuencias indeseables. Esto ya se ha puesto de manifiesto en algunos trabajos realizados hasta ahora como introducir un componente de defensa (lectina) en la planta (EWEN y PUSZTAI, 1999).

En este trabajo, la lectina de *Galanthus nivalis* (GNA) se seleccionó para insertarla en patata y aumentar así su resistencia a insectos y nemátodos.

Se había visto que el efecto inicial de esta lectina (específica de manosa) sobre el intestino de rata era mínimo. En los experimentos se utilizaron dietas que contenían:

- a) Patatas modificadas genéticamente
- b) Patatas no modificadas genéticamente
- c) Patatas no modificadas genéticamente + GNA

Los resultados fueron:

- Proliferación de criptas
- Alteraciones en el sistema inmune
- Alargamiento del páncreas

El experimento del Dr. PUSZTAI nos abre un camino muy interesante de investigación pero por otro lado nos alerta de posibles consecuencias indeseables, lo que nos hace pensar que tenemos que seguir investigando en este campo.

Con todo lo anterior se pone de manifiesto la complejidad que tienen todos estos componentes no-nutritivos tanto desde un punto de vista bioquímico como fisiológico.

Por lo tanto y teniendo en cuenta la contraposición de efectos beneficiosos y perjudiciales que presentan estos componentes bioactivos, el reto más importante que nos tenemos que plantear en el futuro es conocer su mecanismo de acción "in vivo" y como modificar su concentración en las plantas que los contienen.

2. REFERENCIAS

ALONSO, R. ORUE, E., ZABALZA, M.J., GRANT, G., MARZO, F. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, p. 397-403, 2000.

ALONSO, R.; RUBIO, L.A.; MUZQUIZ, M.; MARZO, F. *Animal Feed Science Technology*. v.94, p. 1-13, 2001.

AYET, G., BURBANO, C., CUADRADO, C., PEDROSA, M. M., ROBREDO, L. M., MUZQUIZ, M., DE LA CUADRA, C., CASTAÑO, A., OSAGIE, A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 74 p. 273-279, 1997.

BARBOSA, G.V., POTHAKAMURY, U.R., PALOU, E. SWANSON, B.G. In: *Nonthermal Preservation of Foods*. MARCEL DEKKER (Ed), Inc. NY, 1997

BORLAUG, N.E. In: *Future Dimensions of World Food and Population*, WOODS RG, (Ed), West View Press, Boulder, CO, 1981, p. 101.

BRENES, A., BURBANO, C. MUZQUIZ, M., CENTENO, C. CUADRADO, C. PEDROSA M.M. In: *Proceedings of 3rd European Conference on Grain Legumes (AEP Eds.)* Valladolid, 1988, p. 176-178.

BURBANO, C., MUZQUIZ, M., AYET, G., CUADRADO, C., PEDROSA, M. M. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 79, p. 1468-1472, 1999.

CAMPELL, G.I., VAN DER POEL, A.F.B. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapessed*. JANSMAN, A.J.M.; HILL, G.D.; HUISMAN, J., VAN DER POEL, A.F.B. (Eds). Wageningen Pers. Wageningen, 1988, p.377-386.

CASTILLO, E.M., DE LUMEN, B.O., REYES, P.S., DE LUMEN, H.Z. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 38, p. 351-355, 1990.

CULVENOR, C. C. J., PETERSON, D.S. In: *Proceedings of the 4th International Lupin Conference*, Geraldton, W. Australia, 1986, p. 188-198.

DE LA CUADRA, C., TELLO, J. C., MUZQUIZ, M., CALVO, R. *Studia Botanica*, v. 13, p. 99-101, 1994.

DE LA VEGA, R., GUTIERREZ, M. P., SANZ, C., CALVO, R., ROBREDO, L. M., DE LA CUADRA, C., MUZQUIZ, M. *Industrial Crops and Products*, v. 2, p. 141-148, 1996.

DELZENNE, N.M., ROBERFROID, M.R. *Lebensm. Wiss. U. Technol.* v. 27, p. 1-6 1994.

DILLARD, C.J., GERMAN, J.B. *Journal of the Science of Food and Agriculture* v.80, p. 1744-1756, 2000.

DUC, G., SIXDENIER, G., LILA, M. FURSTOSS, V. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. HUISMAN, J., VAN DER POEL, A. F. B., LIENER, I.E. (Eds) Wageningen, 1989, p. 305-313.

ESAKA, M. SUZUKI, K. KUBOTA, K. *Journal of Food Science*, v. 52, n.6, p. 1738, 1987.

EWEN, S.W.E, PUSZTAI, A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet*, v. 354, p. 1353-1354, 1999.

FUFOSE. Committee of Experts on Nutrition Food Safety and Consumer Health. Ad Hoc Group on Functional Food. Council of Europe, Strasbourg, 1999.

GRAF, E., EATON, J.W. 1993. *Nutrition and Cancer*, v. 19, n.1, p. 11-19, 1993.

GRANT, G. Y VAN DRIESSCHE, E. In: *Proceedings. 2nd International Workshop on ANFs in Legume Seeds*. VAN DER POEL, A.F.B.; HUISMAN, J., SAINI, H.S.(Eds.), EAAP publication, Wageningen, 1993.

GREINER, R., KONIETZNY, U., JANY, K.D., HOLZAPFEL, W.H. In: *Effects of Antinutrients on the Nutritional Value of Legume Diets*. v. 2. BARDOCZ, S., PUSZTAI, A. (Eds.), Luxembourg, 1995, p.75-80.

GREINER, R., KONIETZNY, U. In: *Effects of antinutrients on the nutritional value of legume diets*, v.4. BARDOCZ, S., MUZQUIZ, M., PUSZTAI, A. (Eds.), Luxembourg, 1997, p. 19-27.

HARLAND, B., MORRIS, E. *Nutrition Research*, v. 15, n. 5, p. 733-754, 1995.

KANDLER, O, HOPF, H. In: *The Biochemistry of Plants*, v. 3, Academic Press, New York, 1980, p. 221.

KONIETZNY, U.; GREINER, R. Phytic acid (b) Nutritional impact. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. CABALLERO, B.; TRUGO, L.; FINGLAS, P. (Eds). Elsevier, London, 2003, p. 4555-4563.

LÓPEZ BELLIDO, L., FUENTES, M. In: *El Altramuz*. (MAPA, Ed.), 1991, p. 9-53.

MAHUNGU S.M., DIAZ-MERCADO, S., LI, J., SCHWENK, M., SINGLETARY, K., FALLER, J. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, p. 279-284, 1999.

MELCION, J.P.; VAN DER POEL, A.F.B. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. VAN DER POEL, A..F.B.; HUISMAN, J.; SAINI, H.S., (Eds). Wageningen Pers, Wageningen, 1993 , p. 419-434.

MESSINA, M.J. *American Journal of Clinical Nutrition* v. 70, p. 439-450, 1999.

MONSANTO. En: *Cuaderno Técnico nº1*. Monsanto Agricultura España, S.L. (Ed). 2001.

MUZQUIZ, M., CUADRADO, C., AYET, G., DE LA CUADRA, C., BURBANO, C., OSAGIE, A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 42, n. 7, p. 1447-1450, 1994.

MUZQUIZ, M., DE LA CUADRA, C., CUADRADO, C., BURBANO, C., CALVO, R. *Industrial Crops and Products* v. 2, p. 273-280, 1994.

OGUN, PO; MARKAKIS, P; CHINOWETH, W. *Journal of Food Science*, v. 54, p. 1084-1085, 1989.

PEDROSA, M.M., BURBANO, C., CUADRADO, C., AYET, G., MUZQUIZ, M. In: *Cost-98. Effect of antinutrients on the nutritional value of legume diets*. Vol. IV. BARDOCZ, S., MUZQUIZ, M., PUSZTAI, A. (Eds). Office for Official Publications on the European Communities (Luxembourg), 1997, p. 75-81.

PRICE, K.R., LEWIS, J., WYATT, G.M., FENWICK, R. *Die Nahrung* v. 32 n. 6, p. 609-626, 1988.

PATTERSON, M.F. KILPATRICK, D.J. 1998 *Journal of Food Protection* v. 61, n. 4, p. 432-36, 1998.

POLTRONIERI, F, ARÈAS, JAG; COLLI, C. *Food Chemistry* v. 70, p. 175-180, 2000.

PUSZTAI, A. In: *Effects of Antinutrients on the Nutritional Value of Legume Diets*. v.3 BARDOCZ, S., NEKREP, F.V., PUSZTAI, A. (Eds.), Luxembourg, 1996, p. 1-6

PUSZTAI, A., EWEN, S.W.B., GRANT, G, BARDOCZ, S. In: *Effects of Antinutrients on the Nutritional Value of Legume Diets*, v.1 BARDOCZ, S., GELENCSE, E., PUSZTAI, A. (Eds.), Budapest, 1996, p. 22-28.

RAJKÓ, R., SZABÓ, G. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 45, p. 3565-3569, 1997.

REDDY N.R., SATHE S.K., SALUNKE D. *Advances in Food Research*, v. 28, p. 1-92, 1982.

REDDY, N.R., SATHE, S.K., PIERSON, M. *Journal of Food*

Science, v. 53, p.107, 1988.

RUBIO, L.A. Nutrition Abstracts and Reviews, v.70, p. 531-538, 2000.

SCHRIJVER, R. In: Effects of Antinutrients on the Nutritional Value of Legume Diets, v.4 BARDOCZ, S., MUZQUIZ, M., PUSZTAI, A. (Eds.), Luxembourg, 1997, p. 60-65.

THOMPSON, L.U. Food Research International, v. 26, p. 131-149, 1993.

VAN DAMME, E.J.M., PEUMANS, W.J., PUSZTAI, A., BARDOCZ, S. Handbook of Plant Lectins: Properties and Biomedical Applications. Chichester, West Sussex. John Willey & Sons Ltd., 1998, 452 p.

VIDAL-VALVERDE, C., FRIAS, J., PRODANOV, M., TABERA, J., RUIZ, R., BACON, J. Z Lebensm Unters Forsch v.197, p. 449-452, 1993.

WINK, M. In: Effects of Antinutrients on the Nutritional Value of Legume Diets, v.4. BARDOCZ, S., MUZQUIZ, M., PUSZTAI, A. (Eds.), Luxembourg, 1996, p. 1-8.

WINK, M. Theoretical and Applied Genetics, v. 75, p. 225-233, 1998.

WITTEWER, S.H. In: The Biology of Crop Productivity. CARLSON, P.S. (Ed). Academic Press. NY, 1980, p. 413.