

## Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales

*Marbelly A. Davila, Elba Sangronis, Marisela Granito*

Universidad Simón Bolívar, Laboratorio de Análisis de Alimentos. Caracas-Venezuela

**RESUMEN.** Estudios epidemiológicos presentan una positiva asociación entre la prevención de ciertas enfermedades y la ingesta diaria de compuestos presentes en frutas, granos, leguminosas, aceite de pescado entre otros. Un alimento que provee un beneficio adicional al aporte de nutrientes se le denomina alimento funcional. Las leguminosas contienen además de sus variados nutrientes, compuestos tales como polifenoles, fibra soluble,  $\alpha$ -galactósidos y las isoflavonas que le confiere propiedades de alimentos funcional. Sin embargo, el consumo de las leguminosas se ve limitado por la flatulencia que produce a ciertos consumidores, por los largos períodos de cocción que requieren, o por la presencia de factores antinutricionales, entre otras razones. En esta revisión se presentan los procesos de germinación y fermentación como alternativas para disminuir o inactivar factores antinutricionales, preservar e incluso aumentar el contenido de las isoflavonas y mejorar así el potencial de las leguminosas como alimentos o como ingredientes de alimentos funcionales.

**Palabras clave:** Leguminosas, alimentos funcionales, germinación, fermentación, isoflavonas.

**SUMMARY. Germinated or fermented legumes: food or ingredients of functional food.** Epidemiological research has shown a positive association between certain diseases and dietary intake of food components found in fruits, grains, legumes, fish oil among others. Food that may provide a health benefit beyond the traditional nutrients that it contains, are named functional food. In addition to the varied nutrients, legumes contain compounds such as polyphenols, soluble fiber,  $\alpha$ -galactosides and isoflavones which confer properties of functional foods. Due to the cause of flatus production in some people, long cooking periods, or anti-nutritional factors, legume consumption levels are limited. In this review, germination and fermentation processes will be presented as alternatives that are able to reduce or inactivate anti-nutritional factors, preserve and even improve the content of the isoflavones, or better the potential of the legumes as functional food or as ingredients for the formulation of functional foods.

**Key words:** Legumes, functional foods, germination, fermentation, isoflavones.

### INTRODUCCION

Son varios los motivos que han impulsado el estudio de los efectos de la dieta sobre la salud del ser humano. Se sabe que enfermedades tales como ciertos tipos de cáncer, aterosclerosis y osteoporosis, entre otras, afectan amplios sectores de las poblaciones y están relacionadas con el exceso y/o con la falta de consumo de ciertos alimentos. Adicionalmente, la necesidad de mantener una buena calidad de vida nos lleva a tratar de conservar la salud a través de una dieta balanceada. Se trata entonces, de consumir alimentos que proporcionen todos los nutrientes, y que además aporten fitoquímicos que se han asociado a la prevención de ciertas patologías. Los alimentos que cumplen con estas características se les conoce como alimentos funcionales (1).

El Institute of Medicine/National Academy of Sciences (IOM/NAS) (2) ha definido a los alimentos funcionales como "cualquier alimento o componente de un alimento que proporcione un beneficio más allá del de sus nutrientes". Es importante recalcar que a pesar del gran interés mundial por

los alimentos funcionales a nivel mundial, todavía no se tienen regulaciones, sólo Japón ha dado los primeros pasos al respecto (1).

Generalmente los alimentos funcionales se consumen en raciones normales en la dieta diaria y pueden ser de origen completamente natural o aquellos a los cuales se les han agregado ingredientes que inducen los efectos benéficos o que el tratamiento tecnológico aplicado les aumenta la biodisponibilidad de sus constituyentes. Los alimentos funcionales pueden ser de origen animal, como lo son los pescados, que contienen ácidos grasos  $\omega$ -3, y de origen vegetal como el tomate el cual posee licopeno, o las leguminosas por su contenido de isoflavonas, entre otros fitoquímicos (3).

El objetivo de esta revisión es presentar las investigaciones recientes que demuestran el potencial de las leguminosas como alimentos funcionales, considerando su contenido de nutrientes, minerales, vitaminas del grupo B, proteínas, fibra dietética y de compuestos fitoquímicos como las isoflavonas entre otros, y de cómo procesos no tradicionales como la fermentación o la germinación puede potenciar sus

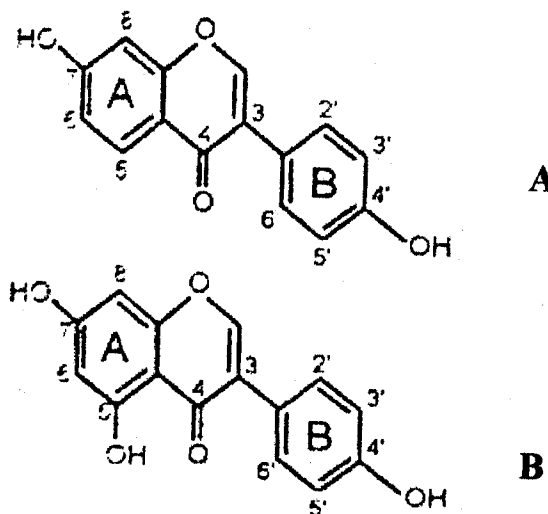
propiedades de alimentos funcional o como ingrediente de dichos alimentos funcionales.

### Leguminosas como alimentos funcionales

Las leguminosas por su relativo bajo costo son alimentos importantes, particularmente en países en vías de desarrollo o subdesarrollados, donde ellas representan una importante fuente proteica. En varios pueblos de Sur América el consumo promedio de leguminosas es aproximadamente 25g/persona/día, lo que representa entre 10% y 15% de las proteínas de la dieta (4). Adicionalmente, las leguminosas aportan carbohidratos complejos, especialmente almidón, también fibra, vitaminas pertenecientes al grupo B, minerales, como potasio, fósforo, magnesio, zinc y en especial hierro y calcio. Recientemente, el interés del estudio de las leguminosas ha aumentado debido a su contenido en fitoquímicos, los cuales son metabolitos secundarios biológicamente activos sintetizados por las plantas (5). Ejemplos de fitoquímicos son los fitoesteres, compuestos con capacidad para modular el desarrollo de ciertos tipos de cáncer y evitar la absorción de colesterol (6,7). Los fitoesteres comprenden compuestos fenólicos tales como los flavonoides, a los cuales se le atribuyen propiedades antioxidantes y como fitoestrógenos (8,9). Su relación con la disminución del riesgo de desarrollar ciertas enfermedades tales como cáncer pancreático, cáncer de seno (10) y de colon (11), enfermedades coronarias e inflamaciones (12), se ha relacionado en gran parte, con la actividad antioxidante atribuida a los compuestos fenólicos presente. Ellos estabilizan los radicales libres (13-15). Otros tipos de compuestos fenólicos son las llamadas isoflavonas, los más importantes flavonoides presentes en leguminosas (12). La isoflavonas son fitoestrógenos ya que pueden actuar como los estrógenos y reducir las molestas manifestaciones típicas de la menopausia, y particularmente los llamados golpes de calor o calorones (10). Sin embargo, su uso debe ser controlado, pues su respuesta como fitoestrógenos depende de la dosis ingerida (16). Las isoflavonas están presentes solo en alimentos de origen vegetal, siendo las leguminosas, en especial la soya (*Glycine max*) y en menor grado el frijol (*Phaseolus vulgaris*) fuentes de isoflavonas (17). El carácter de alimentos funcionales de las leguminosas esta fuertemente marcado por la presencia de este fitoquímico.

En su estructura general, las isoflavonas presentan dos anillos bencénicos (identificados como anillos A y B) con grupos hidroxilos, cuyo número y ubicación varia. El anillo A está unido, en forma condensado, con un pirano (Figura 1). El anillo B se une al de pirano en posición 3, unión que define al compuesto como isoflavona. Son cuatro las principales isoflavonas: genistin daidzin, genisteina y daidzeina. Las dos últimas son las que están presentes en las leguminosas, especialmente en soya (*Glycine max*) y sus derivados y en *Phaseolus vulgaris* (9,10).

FIGURA 1  
Estructura química de las isoflavonas comúnmente presentes en leguminosas: daidzeína (A) y genisteína (B)



En poblaciones que tienen alto consumo de alimentos que contienen isoflavonas, se ha detectado una baja incidencia de cáncer atribuidas también a las isoflavonas, por su actividad antiproliferativa y antiangiogénica (18). Los beneficios atribuidos a la isoflavonas pueden igualmente ser proporcionados por una ingesta apropiada de leguminosas como parte de una dieta balanceada. Sin embargo, se requieren mayores estudios epidemiológicos para aclarar los mecanismos celulares de acción de las isoflavonas y su incidencia en la prevención de enfermedades. Todas estas acciones beneficiosas atribuidas a los compuestos fenólicos acentúan la importancia de las leguminosas como potenciales alimentos funcionales.

Aparte de las ventajas que tienen las leguminosas como alimentos funcionales, no se puede perder de vista el hecho de que su consumo y por consiguiente su aprovechamiento se ve limitado por ciertos factores tales como los prolongados tiempos de preparación requeridos (23) y por los malestares gastrointestinales que ciertas personas sufren cuando las consumen. Estos últimos se atribuyen a la falta de enzimas requeridas para digerir los oligosacáridos, lo que provoca que cuando llegan al intestino grueso son hidrolizados por enzimas bacterianas produciendo dióxido de carbono, hidrógeno y otros gases (19,20).

El completo aprovechamiento de las leguminosas también es afectado por la presencia de ciertos factores antinutricionales tales como los inhibidores de proteasas, lectinas, fitatos, ciertos compuestos fenólicos (21,22), los cuales disminuyen la utilización de proteínas, aminoácidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. La inactivación o la eliminación de éstos factores se hace necesaria para

incrementar su calidad y potencialidad como alimentos funcionales. Afortunadamente, los tratamientos térmicos usuales a los cuales que son sometidas las leguminosas para ablandar su textura y poder así ser consumidas, también eliminan o disminuyen los factores antinutricionales e incrementan su valor nutricional, digestibilidad de proteínas y de almidones (17,23).

Métodos menos convencionales como la germinación o fermentación de las semillas de leguminosas, practicada desde tiempos muy antiguos en países orientales, son procesos que han demostrado su capacidad de reducir los factores antinutricionales y aumentar los niveles fitoquímicos presente en las leguminosas (24,25).

### Leguminosas germinadas

La germinación es un tratamiento sencillo y económico, que da como resultado un producto natural, permite eliminar o inactivar ciertos factores antinutricionales y aumenta la digestibilidad de proteínas y almidones en leguminosas. De esa manera, la germinación de leguminosas puede mejorar sus propiedades de alimentos funcionales. Se ha demostrado que el uso de un solo tipo de tratamiento no es suficiente para lograr la inactivación o remoción completa de los factores antinutricionales en leguminosas (25) por lo que se recomienda el empleo de 2 ó más métodos, por ejemplo germinación y cocción (25,26) previo remojo (27).

Durante la germinación se producen diferentes cambios en la distribución de metabolitos secundarios, movilización de las proteínas de reserva que están almacenadas en los cuerpos proteicos de los cotiledones y cambios en la composición de aminoácidos soluble (24). El tiempo y las condiciones de la germinación tales como luz y temperatura son factores determinantes en el desarrollo del olor y sabor en las semillas germinadas (28) y en el contenido de humedad de la semilla germinada. A su vez, la humedad determina cambios físicos y químicos tales como la composición de los carbohidratos solubles (29), cantidad de fitatos y alcaloides (21,25) y niveles de vitamina C (21,30), cambios estos que modifican el valor nutritivo y por consiguiente el carácter de alimento funcional de las leguminosas.

Según Vidal-Valverde y col. (25) la germinación de dos variables de lentejas (*Lens culinaris* var. *vulgaris* y *Lens culinaris* var. *Variabilis*) causa un aumento en el contenido de taninos (de 152% y 162%, respectivamente) y de catequina (200%, en ambas variedades de leguminosas). Sin embargo, la relación taninos/catequinas es menor en las semillas germinadas (en ambas variedades de leguminosas), lo cual se puede explicar por menor condensación de los compuestos fenólicos debido al proceso germinativo, y como consecuencia de esos cambios se observó un incremento en la calidad proteica de las dos variedades de *Lens culinaris* estudiadas.

Las leguminosas contienen inhibidores de enzimas

digestivas, lo cual implica una menor disponibilidad de los aminoácidos y un detrimento en el valor nutricional en las semillas crudas o sin procesamiento térmico apropiado. Se han realizado estudios para determinar el efecto de los tiempos de germinación sobre estos inhibidores de tripsina, un tipo de inhibidor que puede resistir a ciertos tratamientos térmicos. Se han determinado reducciones de hasta un 63%, pero lo que si es concluyente es uqe depende del tiempo de germinación y de la leguminosa (Tabla 1). Vidal-Valverde y col. (25) determinaron una reducción en la actividad de los inhibidores de tripsina de 23% y 28% después de 6 días de germinación de dos variedades de *Lens culinaris* con respecto a las semillas no germinadas. La actividad de los inhibidores de tripsina en *Phaseolus vulgaris* y en *Glycine max* se redujo un 20% y 25%, respectivamente después de 2 días de germinación (31). La actividad remanente de los inhibidores de tripsina en las semillas germinadas puede ser reducida hasta en su totalidad usando como método complementario la cocción (21,26,32).

TABLA 1  
Reducción de los inhibidores de tripsina (IT) en función del tiempo de germinación

Muestra	Reducción IT* (%)	Tiempo de germinación (días)	Referencia
<i>Glycine max</i>	26	2	31
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20	2	31
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	12	2	24
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	63	5	24
<i>Phaseolus vulgaris</i>	26	5	32
<i>Lens culinaris</i> var. <i>vulgaris</i>	23	6	25
<i>Lens culinaris</i> var. <i>variabilis</i>	28	6	25
<i>Cajanus cajan</i>	41	5	32

\* expresado en base seca

Generalmente se considera que las proteínas de leguminosas son de menor calidad que las proteínas de origen animal debido a deficiencia de aminoácidos azufrados. Para su mejor aprovechamiento, las leguminosas deben ser complementadas con otras fuentes de aminoácidos esenciales (33). Sin embargo, esta deficiencia puede no ser del todo negativa, ese bajo nivel de aminoácidos azufrados de las leguminosas parece ser una ventaja desde el punto de vista de retención de calcio (10), pues durante el metabolismo de dichos aminoácidos se producen iones hidrógenos, los cuales inducen la desmineralización de los huesos y una mayor excreción de calcio en la orina.

Se ha determinado que la cantidad de aminoácidos solubles cambia durante la germinación y también ocurre

una movilización de las proteínas de almacenamiento en las leguminosas. Sathe y col (24) observaron que la germinación por 5 días aumentó la cantidad de aminoácidos solubles de *Phaseolus vulgaris* en más de 3 veces con respecto al control (semilla no germinadas). Después de 6 días de germinación se observó un incremento en la cantidad de todos los aminoácidos en *Lens culinaris*, pero en particular con el aminoácido asparagina, cuyo aumento fue de 23 veces más con respecto al control (34), mientras que en *Phaseolus vulgaris* el contenido de asparagina se duplicó con respecto al control.

Los carbohidratos también son compuestos que han recibido especial atención para el desarrollo de alimentos funcionales debido a su potencialidad de reducir la incidencia de ciertas enfermedades (35). La inulina, los oligosacáridos, el almidón resistente a la povidexrosa son carbohidratos de baja digestibilidad que se están usando hoy en día para la formulación de alimentos funcionales debido a sus propiedades físico-químicas, y en particular debido a la cantidad y tipo de fibra dietética (10) y capacidad bifidogénica (36). Sin embargo, los oligosacáridos son los responsables de causar flatulencia en seres humanos debido a la ausencia de  $\alpha$ -galactosidasa en el tracto digestivo humano (37), limitando así la aceptabilidad y el consumo de las leguminosas (Tabla 2). Entre los oligosacáridos que contribuyen a la flatulencia están los  $\alpha$ -galactósidos (19,20). Otra ventaja atribuida a la germinación es su efecto reductor sobre otros compuestos (24). Después de 3 días de germinación, la composición de carbohidratos solubles cambió en *Pisum sativum* debido a la acción de  $\alpha$ -galactosidasa (29). La concentración de glucosa y fructosa en *Lens culinaris* y *Phaseolus vulgaris* aumentó luego de 6 días de germinación y los  $\alpha$ -galactósidos fueron removidos (34). Se ha observado que los cambios en carbohidratos están asociados a la especie evaluada (31).

TABLA 2  
Cambios en el contenido de glucosa y estaquiosa de leguminosas en función del tiempo de germinación o de fermentación

Muestra	Glucosa (% aumento)	Estaquiosa (% reducción)	Tiempo germinación (días)	Tiempo fermentación (horas)	Referencia
<i>Glycine max</i>	0	65	2	-	31
<i>P. vulgaris</i>	0	78	2	-	31
<i>Lens culinaris</i>	87	100	6	-	34
<i>P. vulgaris</i>	0	100	6	-	34
<i>Lens culinaris</i>					
<i>var vulgaris</i>	40	52	-	24	44
<i>Vigna unguiculata</i>	-	6	-	24	45

Expresado en base seca

Como se mencionó anteriormente, las isoflavonas se encuentran en las semillas de soya (*Glycine max*) y de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), principalmente. A pesar de su relativa estabilidad entre el calor, presencia de oxígeno y moderada acidez (9), es sensible a la cocción. La germinación puede mejorar los niveles de fitoquímicos (17), aumentando así la potencialidad de las leguminosas como alimentos funcionales.

El proceso de germinación provoca cambios sensoriales en la semilla de leguminosas que han sido calificados por los consumidores como aceptable (30), se reduce el olor a grano, lo cual aumenta su aceptabilidad. No se debe perder de vista que la germinación origina un nuevo producto que va a tener características sensoriales diferentes a los granos de leguminosas tradicionalmente procesados por cocción y así debe promocionarse. En los estudios realizados siempre debe evaluarse la aceptabilidad de las semillas germinadas por el público consumidor.

#### Leguminosa fermentada

La fermentación es un proceso económico y sencillo que causa cambios químicos y modifica la funcionalidad de los alimentos (38,39). Es la acción de microorganismos y/o enzimas que genera los cambios en dicho proceso y como consecuencia se mejora el valor nutricional, se disminuyen o eliminan factores antinutricionales, se aumenta la vida útil de las leguminosas, y se modifican las propiedades sensoriales, lo cual a veces se traduce en una mejor aceptabilidad por el público consumidor. Los cambios ocurridos en las semillas fermentadas dependerán de las condiciones de la fermentación de la especie evaluada (40,41).

Los fitatos son unos de los factores antinutricionales cuyo contenido disminuye durante la fermentación, y es dependiente de las condiciones de la fermentación. En semillas de *Phaseolus mungo* fermentadas por 12 h y a 25°C los fitatos se redujeron en un 18%, pero se incrementó hasta un 43% cuando las semillas fueron fermentadas por 18 h a 35°C. Adeyeye y col. (41) determinaron una reducción en el contenido de fitatos en *Parkia filicoidea* (una leguminosa africana) consumida en Nigeria en platos preparados con semillas fermentadas. Se sabe que durante la fermentación la enzima fitasa proveniente de los microorganismos y la propia de la semilla se activa y reduce los fitatos. La actividad óptima de dicha la fitasa varía entre 35°C y 45°C, lo que explica la mayor reducción de fitatos a 35°C (38). Los fitatos tienen la habilidad de quelar minerales tales como el zinc, calcio y fósforo, disminuyendo su biodisponibilidad lo cual trae como consecuencia el desarrollo de algunas enfermedades asociadas a deficiencias nutricionales asociadas a minerales (42).

En relación al efecto de la fermentación sobre el contenido de polifenoles es aún contradictorio, sin embargo, varios estudios coinciden en una disminución que ha alcanzado hasta un 52% en semillas fermentadas (durante 18 h a 35°C) de *Phaseolus mungo*. Ello se atribuye a la acción de la polifenol-oxidasa endógena o de los microorganismo que actúan en el proceso de fermentación.

El contenido y la digestibilidad de proteínas de leguminosas también se afecta por la acción proteolítica de las enzimas proveniente de la semilla y de los microorganismos. Como resultado de la acción de las proteasas, las proteínas son hidrolizadas a péptidos y aminoácidos libres, aumentando así su digestibilidad (38). Este aumento en la digestibilidad de las proteínas puede estar también relacionado con la disminución en el contenido de taninos, de fitatos y de los inhibidores de tripsina que se han observado como efecto de la fermentación (Tabla 3).

TABLE 3  
Comparación del puntaje sensorial de semillas de soya germinadas y no germinadas

Características	No germinadas	Germinadas
Olor	3,74	4,96
Sabor	6,61	7,02
Aceptabilidad general	5,95	6,59

Escala de 9 puntos (9: excelente, 1: muy pobre) (31).

Varios estudios (37,42-45) muestran un incremento en los monosacáridos y disacáridos en leguminosas fermentadas (39) y una reducción del contenido de oligosacáridos (Tabla 4) los cuales por años se han asociado a la producción de flatulencia de las leguminosas. Pero hoy en día se tienen evidencia que los oligosacáridos no son los únicos compuestos de las leguminosas responsables de la producción de gases en seres humanos. Granito y col. (19) demostraron que también la fibra soluble es un buen substrato para la flora endógena y que la producción de gas es al menos de igual magnitud que la producida por los  $\alpha$ -galactósidos. La fermentación natural de *Phaseolus vulgaris* es capaz de eliminar en un 100% la fibra soluble presente (20) y por ende, la producción de flatulencia.

La fermentación de la soya parece afectar la estructura de las isoflavonas (46). Choi y Cheng (21) determinaron que los contenidos de genisteína y daidzeína aumentaban cuando las semillas de soya eran remojadas en agua durante 4 h y que a su vez, el contenido de genistina y daidzina (isoflavonas glicosidadas) disminuía. El mismo comportamiento fue observado cuando las semillas fueron cocidas con vapor, inoculadas con *Aspergillus orizae* e incubadas a 28°C por 3

días. Estos resultados permitieron concluir que enzimas de tipo  $\beta$ -glucosidasas provenientes tanto de las semillas de soya como de *Aspergillus orizae* hidrolizan las isoflavonas glicosidadas produciendo genisteína y daidzeína. Esaki y col (13) determinaron un aumento en la capacidad antioxidante de semillas de soya fermentadas con diferentes cepas de *Aspergillus*, lo cual mejora su carácter de alimento funcional. Las isoflavonas son alguno de los compuestos asociados a la capacidad antioxidante de las semillas.

TABLE 4  
Efecto de la fermentación en el contenido de  $\alpha$ -galactósidos, taninos e inhibidores de tripsina

	Granos crudos	Harina de granos fermentados (1:4) <sup>a</sup>	Harina de granos fermentados (1:6) <sup>a</sup>
$\alpha$ - galactósidos (% b.s.)	3,63 $\pm$ 0,06b	0,02 $\pm$ 0,00c	0,01 $\pm$ 0,00c
Taninos (mg/100 g b.s.)	63,18 $\pm$ 0,44d	24,92 $\pm$ 0,30 e	40,48 $\pm$ 0,11 d
Inhibidores de tripsina (UIT/mg b.s.)	10,30 $\pm$ 0,95 f	4,30 $\pm$ 0,12g	3,14 $\pm$ 0,17h

b.s.: base seca

a : Relación harina:agua

Letras iguales en la misma columna indican no diferencia significativa (p $\leq$  0,05)

Tomado de Granito y col. (45)

La relación entre la dieta y la prevención de ciertas enfermedades ha aumentado durante los últimos años, focalizándose en las actividades biológicas que ejercen los fitoquímicos, sin embargo, aun se requiere mucho estudio para determinar exactamente la relación entre el proceso fermentativo y los cambios que se suceden enzimáticos en los componentes de las semillas de leguminosas que determinan su interés como alimento funcional.

## CONCLUSIONES

Tanto la fermentación como la germinación son procedimientos sencillos y económicos que inducen cambios favorables en las leguminosas tales como la reducción de la actividad de inhibidores enzimáticos, del contenido de fitatos y taninos, y el aumento en la digestibilidad de proteínas en el contenido de isoflavonas, los principales fitoquímicos de las leguminosas. Es importante tener siempre presente que la aplicación de estos procesos genera la obtención de productos con características sensoriales diferentes a los tradicionales obtenidos por los tratamientos térmicos, ello implica que se debe también conducir estudios de aceptabilidad en cada caso. Es importante investigar los

efectos del procesamiento de las leguminosas sobre el contenido de isoflavonas y su interacción con otros componentes de la dieta y lo cual potenciaría su acción como alimento funcional o como ingrediente de nuevos productos con esas características.

### REFERENCIAS

- Hasler CM. Functional food: their role in disease prevention and health promotion. *Food Technol* 1998;52(11):63-70.
- IOM/NAS. Institute of Medicine/National Academy of Sciences. Opportunities in the nutrition and food sciences. Ed. P.R. Thomas y R. Earl, National Academy Press, Washington, DC. 1994:109.
- Bermúdez AS. Importancia de los alimentos funcionales. Seminario de Alimentos Funcionales, ILSI Nor-Andino, Cap. Venezuela, Caracas, 2001 Octubre 30.
- FAO. Available: <http://www.fao.org> (2001).
- Anderson JW, Smith BM, Washnock CS. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean. *Am J Clin Nutr* 1999;(70 Suppl): 464-474.
- Morgan MR. Dietary phytochemicals and human health. Symposium: Functional foods, a healthy future? Food ingredients Europe Conference, Frankfurt, Germany. 1998 November 4.
- Waladkhani AR, Clemens MR. Effect of dietary phytochemicals on cancer development (review), *Int J Mol Med* 1998;1(14):747-753.
- Graig WJ. Phytochemicals: guardians of our health. *J Am Diet Assoc* 1997;10 (Suppl 2): 199-204.
- Peterson J, Dwyer J. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. *Nutr Res* 1998;18 (12):1995-2018.
- Messina MJ. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am J Clin Nutr* 1999;(Suppl 70):439-450.
- Fraser GE. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California seventh-day Adventists. *Am J Clin Nutr* 1999;70(Suppl 70):532-538.
- Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr Rev* 1998;56(11):317-333.
- Esaki H, Onazaki H, Kawakishi S y Osawa T. Antioxidant activity and isolation of soybean fermented with *Aspergillus* spp. *J Agric Food Chem* 1997; 45:2020-2024.
- Frankel EN. Antioxidants. In: *Lipid Oxidation*. The Oily Press, LTD. Scotland. 199;129-160.
- Mazur MW, Duke JA, Wahala K, Rasku S, Adlercreutz ZH. Isoflavonoids and lignans in legumes: nutritional and health aspects in humans. *Nutr Biochem* 1998; 9:193-200.
- Setchell KDR. Phytoestrogens: the biochemistry, physiology, and implications for human health and soy isoflavones. *Am J Clin Nutr* 1998;(68 Suppl): 1333-1346.
- Franke AA, Custer LR, Cerna CM, Narala KK. Quantitation of phytoestrogens in legumes by HPLC. *J Agric Food Chem* 1994;2:1905-1913.
- Sangronis E, Ibarz A, Barboza G, Swanson B. Efecto de la alta presión hidrostática (APH) en la inhibición de agua y los tiempos de cocción de *Phaseolus vulgaris*. *Arch Latinoamer Nutr* 2002;52(3):301-306.
- Granito M, Champ M, David A, Bonnet C, Guerra M. Identification of gas-producing components in different varieties of *Phaseolus vulgaris* by in vitro fermentation. *J Sci Food Agric* 2001;81:543-550.
- Granito M, Champ M, Guerra M, Frias J. Effect of natural and controlled fermentation on flatus producing compounds of beans (*Phaseolus vulgaris*). In: 4<sup>th</sup>. European Conference on Grain Legumes, Parte II-Posters: Feed and food uses, Cracow 2001;420-421.
- Trago LC, Donangelo CM, Trugo NMF, Knudsen KE. Effect of heat treatment on nutritional quality of germinated legume seeds. *J Agric Food Chem* 2000;48:2082-2086.
- Carmona A, Seidl DS, Jaffé WG. Comparison of extraction methods and assay procedures for the determination of the apparent tannin content of common beans. *J Sc Food Agric* 1991;56:291-301.
- Chiou RY, Chen SL. Isoflavone transformation during soybean Koji preparation and subsequent Miso fermentation supplemented with ethanol and NaCl. *J Agric Food Chem* 2001;49:3656-3660.
- Sathe SK, Deshpande SS, Reddy NR, Goll DE, Salunke DK. Effects of germination on protein, raffinose oligosaccharides, and antinutritional factors in the great northern beans (*Phaseolus vulgaris* L). *J Food Sci* 1983;48:1796-1800.
- Vidal-Valverde C, Frías J, Estrella I, Gorospe MJ, Ruis R, Bacon J. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *J Agric Food Chem* 1994;42:2291-2295.
- Rodríguez M. Calidad proteica y microbiológica de semillas germinadas y germinadas cocidas deshidratadas de *Phaseolus vulgaris*. Tesis de grado para optar al título de Magíster, Universidad Simón Bolívar. 2003.
- Vijayakumar K, Siddhuraju P, Pugalenth M, Janardhanan K. Effect of soaking and heat processing on the levels of antinutrient and digestible proteins in seeds of *Vigna acontifolia* and *Vigna sinensis*. *Food Chem* 1998;63:259-264.
- Vanderstoep J. Effect of germination on the nutritive value of legumes. *Food Technol* 1981;35(3):83-85.
- Kadlec P, Skulinova M, Kaasova J, Bubnik Z, Pour V, Dostalova J. Influence of microwave treatment on the soluble carbohydrates of germinated pea. In: 4<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes, Parte II-Posters: Feed and food uses, Cracow 2001:420-421.
- Ahmad S, Pathak DK. Nutritional changes in soybean during germination. *J Food Sci Technol* 2000;37(6):665-666.
- Donangelo CM, Trago LC, Trugo NMF, Eggum BO. Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. *Food Chem* 2000;53:23-27.
- Machado CJ. Evaluación de algunas propiedades funcionales y nutricionales en *Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan* germinado. Trabajo de Grado para optar al título de Magíster, Universidad Simón Bolívar. 2001.
- Rockland LB, Radke TM. Legume protein quality. *Food Technol* 1981;35(3)79-82.

34. Vidal-Valverde C, Frías J, Lambein F, Kuo YH. Increasing the functionality of legumes by germination. In : 4<sup>th</sup> European Conference en Grain Legumes, Parte II-Posters: Feed and food uses, Cracow: 2001:422.
35. Schnell M. Efectos funcionales de la fibra dietética. Seminario de Alimentos Funcionales, ILSI Nor-Andino, Cap. Venezuela. Caracas, Venezuela. 2001. Octubre 30.
36. Murphy O. Non-polyol low-digestible carbohydrates: food application and functional benefits. *Brit J Nutr* 2001;85 (Suppl 1):47-53.
37. Teway HK, Muller HG. The fate of some oligosaccharides during the preparation of wari, and Indian fermented food. *Food Chem* 1992;43:107-111.
38. Yadaw S, Kheaopaul N. Indigenous legume fermentation: effect on some antinutrients and in-vitro digestibility of starch and protein. *Food Chem* 1994;50:403-156.
39. Sotomayor C, Frias J, Sadowska J, Vidal-Valverde C. Lentil starch content and its microsomal structure as influenced by natural fermentation. *Starch* 1999;51(Suppl):152-156.
40. Campbell-Plant G. Fermented foods – a world perspective. *Food Res Int* 1994;27:253-257.
41. Adeyeye EI, Arogundade LA, Akintayo OA, Aisida OA, Alao PA. Calcium, zinc and phytate interrelationships in some foods of major consumption in Nigeria. *Food Chem* 2001;71:435-441.
42. Agte VV, Gokhale MK, Chipionkar SA. Effect of natural fermentation on in vitro zinc bioavailability in cereal-legume mixtures. *Int J Food Sci Technol* 1997;32:29-32.
43. Frías J, Vidal –Valverde C, Kozłowska H, Tabera J, Honke J, Hedley CL. Natural fermentation of lentils. Influence of time, flour concentration, and temperature on the kinetics of monosaccharides, disaccharide, and  $\alpha$ -galactosides. *J Agric Food Chem* 1996;44:578-584.
44. Akinyele IO, Akinlosotu A. Effect of soaking, dehulling and fermentation on the oligosaccharides and nutrient content of cowpeas (*Vigna unguiculata*) *Food Chem* 1991;41:43-53.
45. Granito M, Frías J, Doblado R, Guerra M, Champ M, Vidal-Valverde C. Nutritional improvement of beans (*Phaseolus vulgaris*) by natural fermentation. *Eur Food Res Technol* 2002;214:226-231.
46. Wang H, Muphy P. Isoflavone content in commercial soybean foods. *J Agric Food Che* 1994;42:1666-1673.

Recibido: 14-02-2002

Aceptado: 16-09-2003