

Estudio comparativo de la composición y el valor nutritivo de semillas y concentrados de proteína de leguminosas

Rosana Cantoral¹, Alfredo Fernández-Quintela², J. Alfredo Martínez³, y M. Teresa Macarulla⁴

Area de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad del País Vasco. España

RESUMEN. En este trabajo se han caracterizado nutritivamente las semillas de tres especies de leguminosas: guisante (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y soja (*Glycine max*). A partir de las mismas se han elaborado por vía húmeda dos tipos de concentrados de proteína que difieren en el método de secado (lío-filizados y lavados con alcohol). En ellos se ha determinado la composición nutritiva proximal y el contenido en diversos factores antinutritivos (fitatos, taninos, inhibidores de tripsina y lectinas). También se han estudiado en estos concentrados tres de las propiedades funcionales más importantes para su aplicación en tecnología de alimentos (solubilidad de la proteína a diferente pH, capacidad de absorción de agua y capacidad de absorción de aceite).

Los resultados han puesto de manifiesto el elevado contenido proteico de los concentrados, con rendimientos de extracción de la proteína menores para los concentrados lavados con alcohol que para los liofilizados, e inferiores en los obtenidos a partir de la soja que en los correspondientes al guisante y el haba. También se han encontrado en todos los concentrados niveles más bajos de factores antinutritivos con respecto a sus semillas. Así mismo, se ha comprobado que las propiedades funcionales que poseen los concentrados proteicos de guisante y de haba son tan aceptables para su utilización en tecnología de alimentos como las de los concentrados de soja.

Palabras clave: Leguminosas, concentrados proteicos, valores nutritivo, factores antinutritivos, propiedades funcionales.

SUMMARY. Composition and nutritional value of legume seeds and protein concentrates. A comparative study. The nutritional properties of three legumes: pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and soya (*Glycine max*) have been characterized. From these seeds, protein concentrates were elaborated by wet processing and two different procedures of drying were followed (freeze-drying and alcohol washing). The composition and content of several antinutritional factors (phytates, tannins, trypsin inhibitors and lectins) were assessed in all of them. Also some functional properties regarding their potential use in food technology were evaluated, such as protein solubility at different pH, as well as water and oil absorption capacities. All the obtained concentrates showed high protein contents, nevertheless protein extraction efficiency was smaller in alcohol-washed concentrates than in the lyophilized ones. In the other hand, the concentrates obtained from pea and faba bean showed higher yields than those obtained from soya. The content of antinutritional factors were markedly reduced after the concentration process. Furthermore, the functional properties of pea and faba bean protein concentrates point out their suitability for food preparation as previously reported for soya.

Key Words: Legumes, protein concentrates, nutritional value, antinutritional factors, functional properties.

INTRODUCCION

La creciente necesidad de proteínas y el continuo aumento del precio de la proteína animal ha incentivado la búsqueda de fuentes alternativas capaces de ofrecer proteína de alto valor nutritivo y cualidades organolépticas aceptables. Por ello, las investigaciones apuntan hacia materias primas de origen vegetal, con objeto de obtener, tras diversos tratamientos, productos sustitutivos o complementarios de las fuentes de proteínas clásicas para su utilización tanto en la alimentación humana como en la de los animales de ganadería (1-3).

- 1 Doctorado del Area de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad del País Vasco (Vitoria, España).
- 2 Profesor Asociado del Area de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad del País Vasco (Vitoria, España).
- 3 Profesor Ordinario Catedrático de Nutrición del Departamento de Fisiología y Nutrición de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra (Pamplona, España).
- 4 Profesora Titular del Area de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad del País Vasco (Vitoria, España).

En este sentido destacan las leguminosas, a cuyo interés nutritivo contribuyen también su elevado contenido en hidratos de carbono, vitaminas, minerales y fibra, y además su aporte lipídico que, aunque escaso es rico en ácidos grasos insaturados (4,5). Sin embargo, estas semillas suelen contener algunos componentes que influyen negativamente en su potencial nutritivo (factores antinutritivos), tales como lectinas, fitatos, inhibidores de proteasas, etc., que, sumados al desequilibrio en aminoácidos azufrados y a una baja digestibilidad de algunos de sus componentes, impiden un aprovechamiento más amplio de sus propiedades alimenticias (6-8).

En consecuencia, una mayor información acerca de la variabilidad en la composición química de estas semillas y de los métodos y técnicas que consigan eliminar o reducir su contenido en factores antinutritivos para obtener una mayor digestibilidad proteica, así como su suplementación en aminoácidos azufrados, puede suministrar la base necesaria para un mayor conocimiento y una utilización más correcta y rentable de las leguminosas (9-12).

Entre los procedimientos más frecuentemente empleados para mejorar la calidad nutritiva y el aprovechamiento de las legumbres se encuentran el tratamiento con ácidos y calor, la fermentación, la germinación, la eliminación mecánica de las testas, etc. (12-18), y la obtención de aislados y concentrados de proteína (11, 19, 20). En este sentido, los avances en la investigación y producción de concentrados y aislados de proteína a partir de semillas de leguminosas son cada vez más numerosos. A su vez, estos concentrados y aislados son susceptibles de ser empleados en la suplementación proteica de diversos alimentos, y también en la mejora de sus parámetros tecnológicos en función de las propiedades funcionales (21, 22).

La mayor parte de los trabajos de investigación sobre aislamiento de proteínas de leguminosas parten de la utilización de la soja debido, entre otros factores, a que esta semilla presenta algunas ventajas tales como un alto rendimiento económico y un elevado contenido proteico. Sin embargo, en países donde la soja no es fácil de cultivar o no tiene una amplia difusión, es de interés potenciar la investigación en este campo con otras especies de leguminosas.

Por tanto, el objetivo de este trabajo ha consistido en el análisis de la composición y valor nutritivo de las semillas de guisante, haba y soja, y de los concentrados proteicos obtenidos a partir de las mismas, con la finalidad de comparar las características, tanto de obtención de dichos concentrados como de la materia prima, entre el guisante y haba frente a la soja.

MATERIAL Y METODOS

En la realización del presente trabajo se han empleado las semillas secas de guisante (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y soja (*Glycine max*), cultivadas en la Finca Experimental Eskalmendi de la Diputación Foral de Alava (España). Las partidas iniciales de cada una de ellas se molieron hasta obtener un polvo fino de tamaño de partícula inferior a 0,7 mm

de diámetro y se almacenaron a -40°C hasta la realización de los análisis. Estos se llevaron a cabo siempre al menos por cuadruplicado.

A. Análisis de la composición proximal: Las determinaciones realizadas, siguiendo las recomendaciones de la AOAC (23), incluyen proteína, mediante la valoración del nitrógeno total según el método Kjeldahl (N \times 6,25); hidratos de carbono, por el método de la antrona previa extracción de los mismos con ácido perclórico; grasa, por extracción etérea en un equipo Soxhlet automático; fibra bruta, mediante cuantificación del material no digerible por ácidos y bases débiles; cenizas, por el método gravimétrico de incineración de la muestra a 550 °C; y humedad, mediante secado de la muestra a 105 °C hasta lograr un peso constante.

B. Valores de los factores antinutritivos: Los componentes antinutritivos que se han analizado en este estudio han sido dos de naturaleza no proteica (fitatos y taninos), y otros dos de naturaleza proteica (inhibidores de tripsina y lectinas). Los fitatos fueron determinados mediante su precipitación con hierro y posterior valoración del fósforo de la molécula (24); los taninos según la técnica espectrofotométrica de Burns (25); los inhibidores de tripsina según el método de Kakade y col. (26), utilizando benzoil-DL-*p*-nitroanilida como sustrato; y las lectinas aprovechando su capacidad hemaglutinante, según la técnica descrita por Deshpande y Singh (27).

C. Obtención de los concentrados proteicos: Los concentrados de proteína se han elaborado siguiendo el método de Thompson (28), con las modificaciones de McKurdy y Knipfel (29), y de Martínez y col (30). En síntesis, las semillas se pusieron en remojo en agua destilada durante 20 h y las testas se eliminaron manualmente. Posteriormente, los cotiledones se molieron y los de soja, además, se desengrasaron. Las harinas así obtenidas se suspendieron en agua destilada en proporción 1:5 (p/v) y se provocó la solubilización de las proteínas a pH 9,0. Tras una centrifugación a 1.000 g durante 20 min, se recogieron los sobrenadantes y se precipitaron las proteínas a pH 4,0. Después de una segunda centrifugación (1.000 g, 20 min), los productos obtenidos se desecaron por dos métodos distintos: liofilización (L) y lavados sucesivos con etanol absoluto (A), siendo eliminados los restos de alcohol en estufa de aire caliente.

D. Valoración de las propiedades funcionales de los concentrados proteicos: Las propiedades funcionales estudiadas han sido la solubilidad de la proteína a diferente pH, la capacidad de absorción de agua tras la suspensión en la misma durante 15 min y posterior centrifugación (18.000 g, 15 min), y la capacidad de absorción de aceite en condiciones similares, según las técnicas descritas por Idouraine y col. (31).

RESULTADOS Y DISCUSION

La composición proximal de las tres semillas estudiadas presentó variaciones notables entre las distintas especies analizadas (Tabla 1). Así, la leguminosa más rica en proteína fue la soja (con un contenido del orden del 33 %), mientras que el guisante resultó ser el más escaso (21 %), siendo el haba intermedia (24 %). En cuanto a lípidos, fue nuevamente la soja la semilla con mayor contenido (20%), por lo que se la considera de carácter oleaginoso, encontrándose por debajo del 2,5 % en grasa el resto de las especies analizadas. El contenido en hidratos de carbono osciló entre el 52 % para el guisante, el 47 % para el haba y el 17 % para la soja. El análisis de fibra ofreció unos valores inferiores al 11 % para las tres semillas y, por último, los valores de humedad y cenizas se situaron alrededor del 12 % y 4 % respectivamente, con máximos de 13 % en humedad para el guisante y 4 % de cenizas en la soja.

TABLA 1
COMPOSICION NUTRITIVA DE LAS SEMILLAS
(g/100g)

	Guisante X ^a ±ES ^b	Haba X±ES	Soja X±ES
Proteína	20,9±0,1	24,3±0,1	32,6±0,1
Hidratos de carbono	51,7±0,9	46,5±0,7	17,1±0,2
Grasa	2,5±0,1	1,5±0,1	20,3±0,5
Fibra bruta	7,4±0,1	10,3±0,2	7,1±0,2
Cenizas	2,5±0,1	3,3±0,1	4,1±0,2
Humedad	13,1±0,1	11,0±0,1	11,3±0,1

a Media

b Error estándar

Estos datos concuerdan en líneas generales con los publicados por Fernández-Quintela y col (22) para el guisante, García y col. (32) y Uzzan (33) para el haba, y son ligeramente inferiores a los presentados por Borget (34) y Domínguez y col. (2) para la soja. El análisis global de los datos permite destacar el contenido de hidratos de carbono del guisante y el haba, mientras que en la soja sobresale el porcentaje de proteínas y de grasa.

La composición proximal de los concentrados proteicos presentó notables variaciones respecto a la hallada para las respectivas semillas de las que habían sido obtenidos (Tabla 2), no encontrándose apenas diferencias entre las tres especies de leguminosas. El nutriente mayoritario, como era de esperar, fue la proteína, cuyo contenido osciló entre el 72% y el 81% en el caso de los concentrados tipo L (liofilizados), y entre el 81% y el 83% para los concentrados tipo A (desechados por lavados sucesivos con alcohol). Estos valores superan el 70% asignado a la denominación de concentrados proteicos (33).

TABLA 2
COMPOSICION NUTRITIVA DE LOS
CONCENTRADOS PROTEICOS (g/100g)

	Guisante		Haba		Soja	
	L ^a X ^c ±ESX ^d	A ^b X±ES	L X±ES	A X±ES	L X±ES	A X±ES
Proteína	81,4±0,5	82,7±0,4	72,4±0,1	80,8±0,3	79,9±0,3	81,9±0,2
Hidratos de arboño	6,4±0,2	1,8±0,1	7,6±0,1	3,9±0,2	5,5±0,1	2,0±0,1
Grasa	3,3±0,2	1,3±0,1	3,2±0,2	1,3±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1
Fibra bruta	4,5±0,4	4,5±0,3	5,6±0,3	7,5±0,4	3,8±0,3	2,2±0,1
Cenizas	4,1±0,2	2,6±0,1	5,7±0,3	4,7±0,2	4,5±0,2	3,1±0,1
Humedad	3,2±0,1	12,1±0,7	9,9±0,1	8,8±0,2	2,8±0,1	8,8±0,1

a Concentrado proteico desecado por liofilización

b Concentrado proteico desecado por lavados sucesivos con alcohol

c Media

d Error Estándar

A pesar de que los concentrados de proteína tipo A mostraron un contenido proteico mayor que los de tipo L, se encontró una diferencia sustancial en el rendimiento del proceso de extracción de la proteína de las semillas para ambos tipos de concentrados, siendo los correspondientes para los lavados con alcohol (28-53%) menores a los de los concentrados proteicos liofilizados (37-57%). Además, se encontró que, con el método empleado, el rendimiento medio obtenido con la soja era muy inferior al obtenido con las otras dos especies (entre un 20-40% menos).

Por otra parte, los valores de humedad variaron notablemente según el proceso de secado utilizado. Así, se encontraron valores entre el 9-12% en los concentrados proteicos desecados con alcohol, y valores inferiores (entre el 3% y el 9%) en los liofilizados. Esta relativamente elevada humedad de los concentrados de proteína lavados con alcohol se puede atribuir, por una parte, al proceso de purificación y secado llevado a cabo con alcohol, que otorga al producto final una mayor capacidad para absorber humedad ambiental.

El contenido en grasa, cenizas y fibra fue muy semejante en los dos tipos de concentrados proteicos obtenidos a partir de las tres semillas en estudio, destacando no obstante un menor nivel de lípidos en los correspondientes a la soja, debido a que para su elaboración se partió de una semilla desengrasada, y también el relativamente elevado contenido en fibra de los concentrados de haba, posiblemente por ser esta semilla la más rica en la misma.

Los niveles de hidratos de carbono fueron similares para los concentrados de las tres semillas, e inferiores en los concentrados de proteína tipo A respecto a los de tipo L. Esta disminución se debe fundamentalmente a que los lavados sucesivos con alcohol arrastran la mayor parte de este nutriente, además de la mayor parte de la fibra que pudieran contener.

Al llevar a cabo una comparación entre los datos de la composición proximal de semillas y la de los concentrados proteicos obtenidos a partir de ellas, se observa que éstos

últimos presentan ventajas respecto a las primeras por su alto contenido en proteína, si bien se pierden parcialmente en el proceso de elaboración de los concentrados otros componentes nutritivos como hidratos de carbono, lípidos (especialmente en el caso de la soja), fibra, minerales y, posiblemente, vitaminas. Estos datos de composición concuerdan en líneas generales con los obtenidos por Vose (35) y por Fernández-Quintela y col. (21-22) para guisante y haba, y son ligeramente superiores a los referenciados por Domínguez y col (2) para la soja.

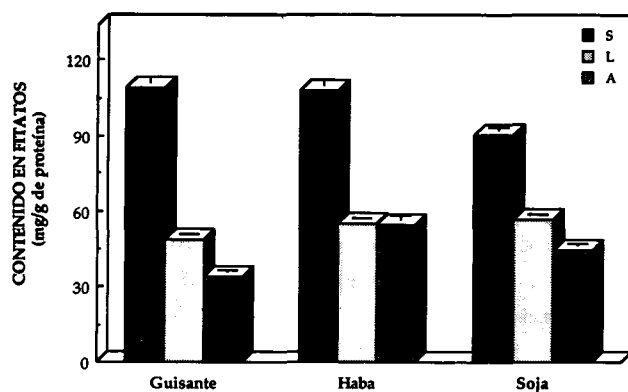
La segunda parte de este trabajo se destinó a la valoración de los contenidos en diferentes factores antinutritivos de las semillas y de los concentrados proteicos obtenidos a partir de ellas, con objeto de comprobar si en la elaboración de los mismos estos compuestos llegaban a ser total o parcialmente eliminados.

Los primeros factores analizados fueron los fitatos, cuyas propiedades acomplejantes de iones metálicos pueden provocar una reducción importante de la biodisponibilidad de algunos micronutrientes tales como calcio, hierro, zinc, etc. (36-38).

Los resultados de estos análisis (Figura 1) mostraron que el contenido en fitatos de las semillas analizadas (expresando en mg de fitatos/g de proteína) fue de 109 para el guisante, 108 para el haba y 90 para la soja, mientras que en todos los concentrados proteicos se registraron valores inferiores a los de sus semillas de origen.

FIGURA 1

Contenido en fitatos de las semillas (S) y de sus respectivos concentrados proteicos desecados por liofilización (L) y por lavados sucesivos con alcohol (A)



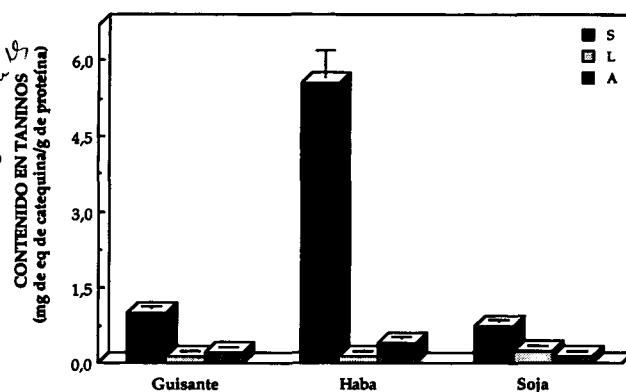
Otro factor antinutritivo importante presente en las leguminosas son los taninos (8). Estos compuestos hidrosolubles de naturaleza polifenólica interfieren con la digestión y la absorción de nutrientes, tales como proteínas e hidratos de carbono, debido a su capacidad de formar complejos con las proteínas alimentarias e intestinales y con algunos enzimas digestivos (16, 39-41).

En las semillas se observó que el contenido en taninos (expresados en mg de equivalentes de catequina/g de proteína)

oscilaba entre 0,74 para la soja y 5,57 para el haba, mientras que en los concentrados proteicos estos niveles fueron del orden del 0,10-0,40 (Figura 2). Por ello podría afirmarse que la elaboración de los concentrados proteicos elimina en gran medida este compuesto no deseado.

FIGURA 2

Contenido en taninos de las semillas (S) y de sus respectivos concentrados proteicos desecados por liofilización (L) y por lavados sucesivos con alcohol (A)



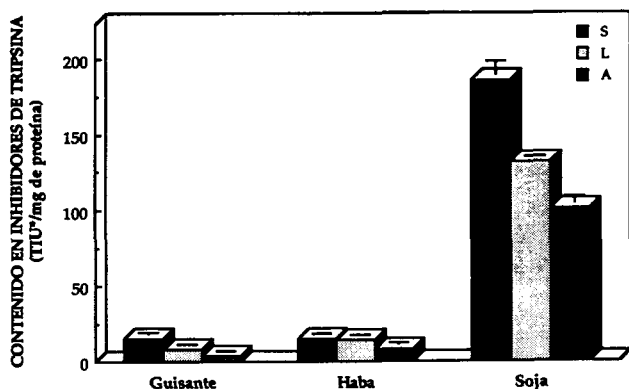
En cuanto a factores antinutritivos de naturaleza proteico presentes en las leguminosas, se analizaron los niveles de inhibidores de tripsina y de lectinas. Los primeros pueden dificultar notablemente la digestión de las proteínas de la dieta por parte del organismo (9), mientras que las segundas poseen carácter antinutritivo por su poder lesivo sobre las células intestinales, por lo que disminuyen la digestión y absorción de determinados nutrientes, tales como hidratos de carbono y proteínas (12,27).

Los datos correspondientes al contenido en inhibidores de tripsina (Figura 3) mostraron que la actividad de dicho enzima, en presencia de extractos de harina de las semillas analizadas, fue inhibida en diferente grado según la especie. Así, el guisante y el haba presentaron una capacidad inhibidora relativamente baja (15,0 y 14,8 TIU/mg de proteína, respectivamente), mientras que la de la soja fue aproximadamente doce veces mayor (186,0 TIU/mg de proteína).

Por otra parte, se observó que los niveles de inhibidores de tripsina de los concentrados fueron menores que los de sus respectivas semillas. Además, se detectaron niveles más bajos de estos compuestos en los concentrados de tipo A respecto a los de tipo L para las tres leguminosas, probablemente debido a una desnaturalización parcial y, por tanto, a una pérdida de actividad inhibidora, causada por el alcohol y/o por el tratamiento térmico (17).

FIGURA 3

Contenido en inhibidores de tripsina de las semillas (S) y de sus respectivos concentrados proteicos desecados por liofilización (L) y por lavados sucesivos con alcohol (A)

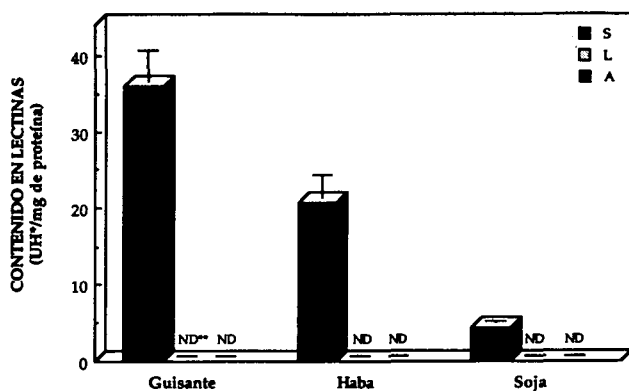


* TTU= Unidades de tripsina inhibidas. Una unidad de tripsina (TU) se define como un incremento de 0,01 unidades de absorbancia a 410 nm por 10 ml de mezcla de reacción bajo las condiciones experimentales utilizadas

Respecto a las lectinas, se encontraron valores muy diversos en su actividad hemaglutinante (expresada en unidades de hemaglutinación/mg de proteína) dependiendo de la especie analizada (Figura 4). Así, para el caso del guisante esta actividad fue de 36,05 para el haba de 20,63 y para la soja de 4,33. Sin embargo, en ninguno de los concentrados proteicos se detectó capacidad hemaglutinante, lo que podría ser indicativo de que el método de obtención de los mismos inactiva por completo esta capacidad.

FIGURA 4

Contenido en lectinas de las semillas (S) y de sus respectivos concentrados proteicos desecados por liofilización (L) y por lavados sucesivos con alcohol (A)



* UH= Unidades de hemaglutinación. Una unidad de hemaglutinación se define como la mayor dilución del extracto de lectinas capaz de aglutinar macroscópicamente eritrocitos de camero bajo las condiciones experimentales utilizadas.

** ND= No detectada hemaglutinación.

Así, pues, la elaboración de concentrados proteicos a partir de semillas de leguminosas mediante el método descrito, especialmente si el secado se realiza mediante lavados sucesivos con alcohol, disminuye o elimina algunos de los compuestos antinutritivos presentes en las mismas, lo que concuerda básicamente con lo observado por otros autores (38,42,43).

Por último, se llevó a cabo el análisis de las propiedades funcionales de los concentrados proteicos más importantes para su posible aplicación en tecnología de alimentos.

Desde un punto de vista práctico, los datos sobre las características de solubilidad son muy útiles para poder determinar las condiciones óptimas de extracción y purificación de las proteínas, así como para la separación de fracciones proteicas. La solubilidad, bajo distintas condiciones, también da una buena indicación de las aplicaciones potenciales de las proteínas. Así, frecuentemente la solubilidad proteica a pH neutro o a pH isoeléctrico, es la primera propiedad funcional que se mide en cada etapa de preparación o de transformación de un ingrediente proteico (44).

Los resultados obtenidos en las pruebas de solubilidad permiten apreciar que los perfiles de las curvas de los concentrados fueron semejantes para las tres especies de leguminosas y para ambos tipos de concentrados (Figura 5). Además, se puede observar que la solubilidad proteica fue prácticamente nula en zona de pH situada en torno al punto isoeléctrico de las mismas (pH 4,2-4,6). Precisamente la baja solubilidad a este pH se utiliza para preparar los concentrados y aislados proteicos por precipitación isoeléctrica. Por otra parte, tanto a pH superior a 7 como a pH inferior a 3, la solubilidad aumentó en gran medida, llegando a alcanzar en algunos casos valores superiores al 90%.

Sin embargo, los concentrados proteicos desecados por lavados con alcohol mostraron una solubilidad proteica ligeramente inferior a la de los concentrados proteicos liofilizados. Probablemente esta disminución se deba a una desnaturalización parcial de las proteínas.

Respecto a la capacidad de absorción de agua (Tabla 3), se obtuvieron resultados semejantes para los dos tipos de concentrados elaborados a partir del guisante y el haba. Sin embargo, los concentrados de soja mostraron valores diferentes según el método de secado, presentando una capacidad de absorción de agua mayor los lavados con alcohol que los liofilizados (2,75 y 1,71 ml agua retenidos/g de proteína, respectivamente).

FIGURA 5

Solubilidad de las proteínas a diferentes pH de los respectivos concentrados proteicos de guisante, haba y soja desecados por liofilización (tipo L) y por lavados sucesivos con alcohol (tipo A)

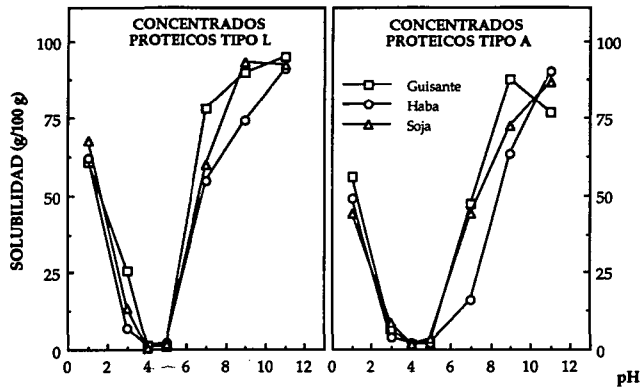


TABLA 3
CAPACIDAD DE ABSORCION DE AGUA Y DE ACEITE DE LOS CONCENTRADOS PROTEICOS (ml/g DE PROTEINA)

	Agua X ^a +ES ^b	Aceite X±ES
Guisante:		
L ^c	1,99±0,16	1,69±0,12
A ^d	1,39±0,02	3,03±0,04
Haba:		
L	1,90±0,09	1,95±0,06
A	1,44±0,03	2,12±0,06
Soja:		
L	1,71±0,07	2,15±0,03
A	2,75±0,03	2,83±0,12

a Media

b Error Estándar

c Concentrado proteico desecado por liofilización

d Concentrado proteico desecado por lavados sucesivos con alcohol

En cuanto a la capacidad de absorción de aceite, se observó que los concentrados proteicos tipo A presentaron siempre una retención ligeramente superior a la de los respectivos de tipo L, sin que hubiera apenas diferencias en el origen de las semillas.

Así pues, la elaboración de concentrados y aislados de proteína presenta mayores utilidades frente al uso de las semillas completas, bien crudas o tratadas térmicamente, porque se obtiene mayoritariamente la proteína, a la cual se le pueden dar distintos usos en tecnología de alimentos (elabo-

ración de sucedáneos cárnicos y lácticos, fabricación de fórmulas infantiles, fortificación de alimentos, etc.), si bien se pierden total o parcialmente, otros componentes como fibra, hidratos de carbono, lípidos y minerales presentes en la semilla entera. Además los concentrados proteicos poseen, en general, menor contenido en factores antinutritivos.

Por otra parte, en cuanto al tipo de concentrado proteico se refiere, y puesto que las propiedades funcionales son similares para ambos, resulta más rentable la elaboración de concentrados desecados por liofilización que por lavados sucesivos con alcohol porque este proceso encarece, en gran medida, el producto final.

Por último, desde el punto de vista económico y para las tres especies analizadas, las leguminosas con mayores ventajas son el guisante y el haba puesto que estas semillas resultan más asequibles, con ellas se obtienen mejores rendimientos de extracción proteica, y requieren menos cuidados para la elaboración de concentrados, ya que no necesitan un desengrasado previo como es el caso de la semilla de soja. Además, los concentrados obtenidos a partir de guisante y de haba contienen cantidades de inhibidores de tripsina muy inferiores a los obtenidos a partir de soja, mientras que las del resto de factores antinutritivos analizados son similares, y sus adecuadas propiedades funcionales les permitirían ser tan útiles en tecnología de alimentos como lo son los concentrados de soja.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad del País Vasco (Proyecto UPV/101.123-EA 140/94).

REFERENCIAS

- Domínguez H., MJ Núñez & JM Lema. Factores antinutricionales de la proteína de soja. Alimentación: equipos y tecnología 1:149-155, 1991.
- Domínguez H., MJ Núñez & JM Lema. Procesado y usos de productos proteicos de soja para alimentación humana. Alimentación equipos y tecnología 6:85-95, 1991.
- Salgado JM & MK Takashima. Chemical and biological characterization of meal and protein isolates from pumpkin seed (*Cucurbita moschata*). Arch. Latinoam. Nutr. 42:443-450, 1992.
- Martínez JA & MT Macarulla. Valor nutritivo y aspectos tecnológicos de las leguminosas. En: Nutrición y tecnología de alimentos. San Sebastián, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, p. 67-73, 1990.
- Kingman SM. The influence of legume seeds on human plasma lipid concentrations. Nutr. Res. Rev. 4:97-123, 1991.
- Hellsper JPF, JM Hoogendijk, A. Norel & K. Burguer-Meyer. Antinutritional factors in faba beans (*Vicia faba* L.) as affected by breeding toward the absence of condensed tannins. J. Agric. Food Chem. 41:1058-1061, 1993.
- Beleia A., LT Thu Thao & EI. Ida. Lowering phytic phosphorous by hydration of soybeans. J Food Sci. 58:375-388, 1993.
- Villanueva MR., JA. Martínez & J. Larralde. Papel de los polifenoles en el bajo valor nutritivo de la *Vicia faba*. Arch Latinoam. Nutr. 37:324-334, 1987.

9. Larralde J. & JA Martínez. A reappraisal of the nutritional utilization of legumes. *Rev esp. Fisiol.* 45 (supl): 225-232, 1989.
10. Van Der Poel AFB, HLM Aarts & W Stolp. Milling and air clasification of two different types of peas. Effects on the distribution of antinutritional factors. *J Agric Sci.* 37:273-278. 1989.
11. Ulloa JA & ME Valencia. Nutritional quality of a protein concentrate of chick-peas (*Cicer arietinum*) obtained by ultrafiltration. *Arch. Latinoam. Nutr.* 42:428-431. 1992.
12. Reddy NR & MD Pierson. Reduction in antinutritional and toxic components in plan foods by fermentation. *Food Res Int* 27:281-290. 1994.
13. Kaul M & M Bajwa. Effect of heat and natural fermentation on trypsin inhibitor and hemagglutinins of black grain (*Phaseolus mungo*). *Indian J. Nutr Diet.* 24:40-44. 1987.
14. Abd Allah MA, YH Foda, FM Abu Salem & ZS Abd Allah. Treatments for reducing total vicine in egyptian faba bean (Giza 2 variety). *Plant Foods Hum. Nutr.* 38:201-210, 1988.
15. Saini HS. Activity and thermal inactivation of protease inhibitors in grain legumes. En: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds.* Wageningen Ed. Pudoc Scientific Publishers. 249-253. 1989.
16. Bressani R., DR de Mora, R. Flores & R. Gómez-Brenes. Evaluación de dos métodos para establecer el contenido de polifenoles en frijol crudo y cocido, y efecto que estos provocan en la digestibilidad de la proteína. *Arch. Latinoam. Nutr.* 41:569-581. 1991.
17. Van Der Poel T., W. Stolp & D. Van Zuilichem. Twin-screw extrusion of two pea varieties: effects of temperature and moisture level on antinutritional factors and protein dispersibility. *J. Sci. Food Agric.* 58:83-87. 1992.
18. Camacho L., C. Sierra, R. Campos, E. Guzmán & D. Marcus. Nutritional changes caused by the germination of legumes commonly eaten in Chile. *Arch. Latinoam. Nutr.* 42:283-290. 1992.
19. Bhatti, RS & GI Christison. Composition and nutritional quality of peas (*Pisum sativum* L.), faba bean (*Vicia faba* L spp Minor) and lentil (*Lens culinaris* Medik) meals protein concentrates and isolates. *Plant Foods Hum. Nutr.* 34:41-51. 1984.
20. Aremu CY. Proximate and amino acid composition of cow pea (*Vigna unguiculata*, Walp) protein concentrate prepared by isoelectric point precipitation. *Food Chem* 37:61-68. 1990.
21. Fernández-Quintela A., J Larralde, MT Macarulla, R. Marcos & JA Martínez. Leguminosas y concentrados de proteína: nuevas perspectivas y aplicaciones. *Alimentaria* 239:59-63. 1993.
22. Fernández-Quintela A., MT Macarulla & JA Martínez. Obtención y caracterización de concentrados de proteína a partir de leguminosas. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 33:285-294. 1993.
23. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC.* 15th ed. Washington, DC, The Association. 1990.
24. Thompson DB & JB Erdman. Phytic acid determination in soybeans. *J. Food Sci.* 47:513-517. 1982.
25. Burns RE. Method for estimation of tannin in grain sorghum. *Agron J.* 63:511-512. 1971.
26. Kakade ML., JJ Rackis, JE McGhee & G. Puski. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51:376-382. 1974.
27. Deshpande SS & RK Singh. Hemagglutinating activity of lectins in selected varieties of raw and processed dry beans. *J Food Process.* 15:81-87. 1991.
28. Thompson LU. Preparation and evaluation of mung bean protein isolates. *J. Food Sic.* 42:202-206. 1977.
29. McKurdy SM & JE Knipfel. Investigation of faba bean protein recovery and application to pilot scale processing. *J. Food Sci.* 55:1093-1094, 1101. 1990.
30. Martínez JA., A. Fernández-Quintela, MT Macarulla & R. Marcos. Antinutritional factors (ANFs) in legumes and protein concentrates from legumes. En: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds (tomo II).* Wageningen, Ed Wageningen Pers. p. 67-70. 1993.
31. Idouraine A., SB Yensen & CW Weber. Tepary bean flour, albumin and globulin fractions functional properties compared with soy protein isolate. *J. Food Sci.* 56:1316-1318, 1326. 1991.
32. García MA, N. Cuartero & I. Ferrando. Composición química y aspectos bromatológicos de algunas leguminosas de los géneros *Lathyrus* y *Vicia*. *Anal. Bromatol.* 41:155-166. 1989.
33. Uzzan A. Vegetable protein products from seeds: technology and uses in the food industry. En: *Developments in food proteins-6.* New York, Ed Elsevier. 1988.
34. Borget M. *Food legumes. The tropical agriculturalis.* New York, Ed. MacMillan. 1992.
35. Vose JR. Production and functionality of starches and protein isolates from legume seeds (field peas and horse beans). *Cereal Chem.* 57:406-410. 1980.
36. Macarulla MT., JA. Martínez & J. Larralde. Effects of zinc supplementation on *Vicia faba* fed mice. En: *Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds.* Wageningen, Ed Pudoc Scientific Publishers. p.368-370. 1989.
37. Lönnerdal B., AS Sandberg, B. Sandström & C. Kuntz. Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. *J. Nutr.* 119:211-214. 1989.
38. Hurrell RF., MA. Juillerat, MB Reddy, SRLynch, SA Dassenko & JD Cook. Soy protein, phytate and iron absorption in humans. *J Clin Nutr.* 56:573-578. 1992.
39. Bressani R., LG Elías & JE Braham. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. *J Plant Food* 4:43-55, 1982.
40. Macarulla MT, JA Martínez, Y Barcina & J Larralde. Intestinal absorption of D-galactose in the presence of extracts from *Phaseolus vulgaris* hulls. *Plant Food Hum. Nutr.* 39:359-367. 1989.
41. Longstaff M. & JM McNab. The inhibitory effects of hull polysaccharides and tannins of field beans (*Vicia faba* L.). on the digestion of amino acids, starch and lipid and digestive enzyme activities in young chicks. *Br. J Nutr* 65:199-216. 1991.
42. Ayyagary R., R. Narasinga & DN Roy. Lectins, trypsin inhibitors, BOOA and tannins in legumes and cereals and the effects of processing. *Food Chem* 34:229-238. 1989.
43. Savelkoul HMG, H Boer, S. Tamminga & M. Van Oort. Biotechnological degradation of lectins, tannins and trypsin inhibitors in legumes. En: *Proceedings of the 1st European Conference on Grain Legumes, Angers,* p.397-398. 1992.
44. Chefel JC., JL Cuq & D. Lorient. *Proteínas alimentarias.* Zaragoza, Ed. Acribia. 1989.

Recibido: 27-10-1994

Aceptado: 23-06-1995