
VALOR NUTRICIONAL Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE

Phaseolus vulgaris PROCESADA: UN INGREDIENTE POTENCIAL

PARA ALIMENTOS

Marisela Granito, Julieta Guinand, Delis Pérez y Suhey Pérez

RESUMEN

El consumo de *Phaseolus vulgaris* es un hábito alimenticio profundamente arraigado en las poblaciones de la mayoría de los países latinoamericanos. Esto, aunado a la alta disponibilidad y valor nutricional de esta leguminosa la sitúan como un alimento estratégico. Sin embargo, a pesar de ser una importante fuente de proteínas, fibra dietética y compuestos bioactivos, su consumo es básicamente en forma de grano integral, con lo cual se limita su utilización como alimento o ingrediente alimenticio. Se estudió la composición química y algunas propiedades funcionales de cuatro variedades de *P. vulgaris* cultivadas en Venezuela, crudas, cocidas y/o fermentadas con la flora endógena de los granos, a fin de sugerir su uso como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos. Se encontró que la cocción fue el proceso que más

disminuyó el contenido de proteínas, minerales y de compuestos antinutricionales, mientras que la fermentación fue más efectiva disminuyendo los compuestos productores de flatulencia como α -galactósidos y fibra soluble. Con respecto a las propiedades funcionales, la cocción incrementó el índice de absorción de agua, mientras que la fermentación aumentó la capacidad emulsificante, espumante y estabilidad de la espuma. Se concluye que las harinas de *P. vulgaris* fermentadas y cocidas son ingredientes que pueden ser incorporados en la elaboración de productos viscosos tales como sopas, salsas y masas, a productos emulsionados como mayonesas y vinagretas, y a productos gelificados y panificados, por su aporte nutricional y por la funcionalidad que le imparten a los productos desarrollados.

Introducción

Las leguminosas, además de formar parte de la dieta básica de muchas poblaciones en los países en vías de desarrollo, representan una valiosa fuente de proteína que complementa el valor nutricional de la proteína de los cereales (Champ, 2002) y de compuestos bioactivos que contribuyen a la prevención de enfermedades. Se ha relacionado a los carbohidratos no digeribles que componen la fibra dietética con un efecto protector ante enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad y enfermedades diverticulares (Kutos *et al.*, 2003). Vargas-Torres *et al.* (2004a) han señalado que el almidón resistente de las leguminosas reduce la respues-

ta glicémica e insulinémica post-pandrial en mayor medida que el almidón presente en cereales y tubérculos. Por otra parte, de acuerdo a Queiroz-Monici *et al.* (2005) los componentes fermentables de la fibra dietética y del almidón resistente pueden considerarse compuestos funcionales, particularmente bifidogénicos, porque son sustancias alimenticias no digeridas por las enzimas gastrointestinales que afectan beneficiosamente el hospedador, estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de un número limitado de bacterias colónicas que a su vez son capaces de alterar beneficiosamente la dinámica intestinal.

Dentro del rubro de las leguminosas, *Phaseolus vulgaris* es la especie más cultivada y

consumida en África, India, México y en varios países de América Central y Suramérica. En estas regiones forma parte de los hábitos alimenticios de las poblaciones, siendo su consumo mayoritariamente en forma de grano integral (Leterme y Muñoz, 2002). Sin embargo, dado su alto valor nutricional, su uso debería diversificarse a través de su utilización como ingrediente para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

El uso exitoso de fuentes de proteínas vegetales en la formulación de alimentos depende de las propiedades funcionales de la materia prima vegetal. Propiedades tales como el índice de absorción de agua y aceite, la capacidad emulsificante y espumante, la estabilidad de la espuma y de

la emulsión, la capacidad de gelificación y la solubilidad proteica han sido estudiadas en diferentes especies de leguminosas (Granito *et al.*, 2004a; Lawal *et al.*, 2005; Makri y Doxastakis, 2006). En paralelo, y con base en el estudio de las propiedades funcionales, diversos autores han reportado el uso de leguminosas como ingrediente en la formulación de alimentos (Egounlety, 2002; Granito *et al.*, 2004b).

Al igual que los cereales, las leguminosas requieren ser procesadas antes de su consumo. Con el procesamiento disminuye o es eliminada la mayor parte de los compuestos antinutritivos naturalmente presentes en las leguminosas y se mejoran la textura y palatabilidad de

PALABRAS CLAVE / Cocción / Fermentación / *Phaseolus vulgaris* / Propiedades Funcionales /

Recibido: 23/07/2008. Modificado: 30/11/2008. Aceptado: 08/12/2008.

Marisela Granito: Doctora en Ciencias de los Alimentos, Universidad Simón Bolívar (USB), Venezuela. Profesora, USB, Venezuela. Dirección: Departamento de Tecnología de Servicios, USB, Caracas

1090A, Venezuela. e-mail: mgranito@usb.ve

Julieta Guinand. M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, USB, Venezuela. Profesora, USB, Venezuela.

Delis Pérez. M.Sc. en Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP), Venezuela.

Suhey Pérez. Licenciada en Química, USB. Ayudante de Investigación USB, Venezuela.

NUTRITIVE VALUE AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF PROCESSED *Phaseolus vulgaris*: A POTENTIAL FOOD INGREDIENT

Marisela Granito, Julieta Guinand, Delis Pérez and Suhey Pérez

SUMMARY

The consumption of beans (*Phaseolus vulgaris*) constitutes an important dietary habit in many Latin American countries. Its wide availability and nutritional value gives *P. vulgaris* a strategic value as food. However, its consumption is basically as whole grain, limiting its nutritional benefits like high content of protein, dietary fiber and bioactive components. The chemical composition and some functional properties of four varieties of *P. vulgaris* cultivated in Venezuela were studied. These varieties were thermally processed (cooked at atmospheric pressure) and bioprocessed (fermented, fermented-cooked) with the aim of suggesting its use as an ingredient for processed food production. It was found that cooking led to the highest losses in protein,

mineral and anti-nutritional compounds, while fermentation diminished more efficiently the flatulence-producing compounds such as α -galactosides and soluble fiber. Regarding functional properties, the cooking process increased the water absorption capacity while the fermentation process raised the emulsifying and foaming capacities as well as the foam stability. It is concluded that fermented and cooked flours of *P. vulgaris* can be incorporated in the elaboration of viscous (soups, sauces and dough), emulsified (mayonnaises, vinaigrettes), as well as jellified and breaded food products, due to its nutritional value and the functionality provided to the developed products.

VALOR NUTRICIONAL E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE *Phaseolus vulgaris* PROCESSADA: UM INGREDIENTE POTENCIAL PARA ALIMENTOS

Marisela Granito, Julieta Guinand, Delis Pérez e Suhey Pérez

RESUMO

O consumo de *Phaseolus vulgaris* é um hábito alimentício profundamente arraigado nas populações da maioria dos países latino americanos. Isto, somado à alta disponibilidade e valor nutricional desta leguminosa, a coloca como um alimento estratégico. Entretanto, apesar de ser uma importante fonte de proteínas, fibra dietética e de compostos bio-ativos, seu consumo é basicamente em forma de grão integral, com o qual se limita sua utilização como alimento ou ingrediente alimentício. Estudou-se a composição química e algumas propriedades funcionais de quatro variedades de *P. vulgaris* cultivadas na Venezuela, cruas, cozidas e/ou fermentadas com a flora endógena dos grãos, a fim de sugerir seu uso como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos. Encontrou-se que o cozimento foi o

processo que mais diminuiu o conteúdo de proteínas, minerais e de compostos anti-nutricionais, enquanto que a fermentação foi mais efetiva diminuindo os compostos produtores de flatulência como α -galactosídeos e fibra solúvel. Em relação às propriedades funcionais, o cozimento incrementou o índice de absorção de água, enquanto que a fermentação aumentou a capacidade emulsificante, espumante e estabilidade da espuma. Conclui-se que as farinhas de *P. vulgaris* fermentadas e cozidas são ingredientes que podem ser incorporados na elaboração de produtos viscosos tais como sopas, molhos e massas, em produtos emulsionados como maionese e vinagretes, e em produtos gelificados e panificados, por seu aporte nutricional e pela funcionalidade que acrescentam aos produtos desenvolvidos.

los granos. Sin embargo, el procesamiento también altera las propiedades funcionales de las leguminosas, condicionando en consecuencia su incorporación en el desarrollo de productos. Procesos como la cocción, fermentación y fermentación-cocción alteran propiedades de hidratación como la capacidad de absorber agua y aceite, y propiedades de superficie como la capacidad espumante y emulsificante de las harinas de *Vigna sinensis* (Granito *et al.*, 2004b).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar químicamente y evaluar las propiedades funcionales de 4 variedades de *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Venezuela, previamente so-

metidas a procesos de cocción, fermentación natural y a combinación de ambos, a fin de sugerir su posible uso como ingrediente en el desarrollo de productos alimenticios.

Materiales y Métodos

Materiales

Se utilizaron cuatro variedades negras de *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Venezuela: Caraota Papa, Vaina Morada, Perdicitita y DOR-500, las cuales fueron suministradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA, Maracay, Venezuela). Los granos estudiados medían ~1cm y tenían forma ovalada.

Procesamiento

Todas las cuatro variedades fueron sometidas a los siguientes procesos:

Molienda. Las semillas enteras, previamente limpiadas, fueron sometidas a una molienda gruesa en un molino Oster (modelo 465) y posteriormente en un molino ANALIZER MC-11. Las harinas crudas obtenidas se tamizaron con una malla de 80 mesh.

Cocción. Los granos enteros se cocinaron en una proporción 1:12 (p:v) por 120min a presión atmosférica. Posteriormente fueron escurridos, congelados, liofilizados, molidos y pasados a través de un tamiz de 80 mesh.

Fermentación. Los granos enteros fueron enjuagados con agua destilada, escurridos y fermentados en un fermentador (Microferm, New Brunswick Scientific, Edison, NY, EEUU) en una proporción 1:4 (p/v) a 42°C por 48h bajo una agitación de 60rpm (Granito y Álvarez, 2006). Parte de los granos fermentados (50%) fueron drenados, congelados, liofilizados, molidos y pasados a través de un tamiz de 80 mesh.

Fermentación-cocción. Los restantes granos fermentados (50%) fueron cocidos a 100°C por 120min en agua destilada en una proporción 1:12 (p:v) a presión atmosférica. Posteriormente fueron escurridos,

congelados, liofilizados, molidos y pasados a través de un tamiz de 80 mesh.

Métodos analíticos

Se analizaron (AOAC, 1990) los granos fermentados y cocidos en sus contenidos de humedad (método 925.10), proteínas (960.52), grasas (920.39) y cenizas (923.03), y los minerales se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica. Los taninos, polifenoles totales e inhibidores de tripsina, se midieron según Nackz *et al.* (1994), AOAC (1990) y Kakade *et al.* (1974), respectivamente. La digestibilidad *in vitro* se determinó usando un sistema multienzimático de tripsina, quimiotripsina, y peptidasa y el grado de hidrólisis enzimática se determinó por el método de la caída del pH después de 10min, según Hsu *et al.*, (1977). Para medir almidón total, disponible y resistente se usaron las metodologías de Holm *et al.* (1986), Tovar *et al.* (1990) y Champ *et al.* (1995), respectivamente. La fibra dietética se cuantificó usando el método enzimático-gravimétrico descrito por Prosky *et al.*, (1992). Se cuantificaron los α -galactósidos rafinosa y estaquiosa de acuerdo a Frías *et al.* (1994).

Propiedades funcionales

El índice de absorción de grasa (IAG) y el índice de absorción de agua (IAA) se midieron siguiendo la metodología de Beuchat (1977).

La capacidad emulsificante (CE) fue medida utilizando el método de Yasumatsu, *et al.* (1992), el cual expresa la CE en términos de porcentaje como la altura de la capa emulsificada, con respecto al total del líquido presente. La capacidad espumante (CES) también se expresó en términos de porcentaje, considerando el aumento de volumen al incorporar aire en la suspensión de harina, según el método descrito por Bencini (1986).

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados como la media de tres determinaciones y su desviación estándar. Se aplicó ANOVA de una vía y prueba de Duncan a toda la data utilizando el programa Statgraphic Statistical Graphics 4.0 para Windows.

Resultados y Discusión

En la Tabla I se presentan los resultados correspondientes a los contenidos de proteína, grasa y cenizas de las cuatro variedades crudas y procesadas. Para las muestras crudas se encontraron altos contenidos de proteína (29-33%), grasas (3-7%) y cenizas (4-5%), si se les compara con resultados reportados para otras variedades de *Phaseolus vulgaris*. Carmona-García *et al.* (2007) reportaron para la variedad Mayocoba un contenido de proteína de 25,91%. Reyes y Paredes (1993) cuantificaron valores de proteína de 20,3-29,0% en diferentes variedades de *P. vulgaris* provenientes de México, mientras Vargas *et al.* (2004b) determinaron valores entre 18,9 y 24,2% en cuatro variedades de esta leguminosa.

Con la aplicación de los distintos procesamientos disminuyeron todos los nutrientes en proporciones que variaron entre 3 y 12% para las proteínas y entre 6 y 57% para la grasa y cenizas, respectivamente. Tanto la cocción como la fermentación y la combinación de ambos procesos, disminuyeron de manera significativa ($p \leq 0,05$) el contenido de proteínas de las cuatro variedades, siendo menor el efecto de la fermentación. Asimismo, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre el efecto de la cocción y el de la fermentación sobre el contenido de proteínas para las variedades DOR-500 y Perdicitita, pero no para las variedades Vaina Morada y Papa. Esta variabilidad de respuesta podría ser atribuida a diferencias en la permeabilidad de las capas

TABLA I
CONTENIDO DE GRASA, CENIZA Y PROTEÍNA DE
VARIEDADES *Phaseolus vulgaris* CRUDAS Y PROCESADAS*

Variedad/ Tratamiento	Proteína (%)	Grasa(%)	Ceniza(%)
Papa			
Cr	26,49 \pm 0,3 c	3,98 \pm 0,12 d	3,6 \pm 0 b
Co	25,51 \pm 0,29 b	2,22 \pm 0,07 a	2,62 \pm 0,01 a
F	25,69 \pm 0,25 b	3,37 \pm 0,15 c	3,60 \pm 0,08 b
FCo	23,11 \pm 0,15 a	2,32 \pm 0,1 b	2,65 \pm 0,07 a
Vaina Morada			
Cr	28,40 \pm 0,39 a	3,57 \pm 0,18 c	4,32 \pm 0,08 d
Co	30,93 \pm 0,37 c	2,88 \pm 0,17 b	2,75 \pm 0,04 a
F	31,30 \pm 0,27 c	2,66 \pm 0,37 ab	3,99 \pm 0,05 c
FCo	29,93 \pm 0,20 b	2,45 \pm 0,32 a	3,46 \pm 0,05 b
DOR-500			
Cr	29,14 \pm 0,22 d	6,21 \pm 0,36 d	3,86 \pm 0,03 c
Co	25,51 \pm 0,29 b	4,41 \pm 0,22 c	2,76 \pm 0,03 b
F	26,31 \pm 0,09 c	2,63 \pm 0,18 b	2,20 \pm 0,01 a
FCo	23,20 \pm 0,08 a	2,46 \pm 0,11 a	2,15 \pm 0,07 a
Perdicitita			
Cr	26,29 \pm 0,23 b	2,82 \pm 0,03 c	4,69 \pm 0,05 d
Co	24,80 \pm 0,32 a	2,54 \pm 0 ab	3,92 \pm 0,06 c
F	29,49 \pm 0,31 d	2,66 \pm 0,17 bc	3,19 \pm 0,02 b
FCo	27,41 \pm 0,27 c	2,27 \pm 0,15 a	2,24 \pm 0,02 a

* Los valores se expresan en base seca.

Cr: cruda, Co: cocida, F: fermentada, FCo: fermentada cocida. Para cada variedad, letras diferentes en una misma columna representan diferencias significativas $p < 0,05$.

externas de los granos de las variedades estudiadas. Es de hacer notar que a medida que se incrementó el tiempo de exposición al agua y a la temperatura, aumentó la pérdida tanto de proteína como de cenizas, por lo que se podría inferir una posible solubilización de estos nutrientes en el agua de cocción y de fermentación.

Respecto al efecto de la cocción sobre el contenido de minerales, se puede observar en la Tabla II una tendencia a la disminución de estos nutrientes, a pesar de que la respuesta fue diferente para cada variedad. De nuevo la posible lixiviación de los minerales en el agua de cocción, aunado a las diferencias en permeabilidad de las semillas, podrían explicar la variabilidad de respuesta encontrada.

Por su parte la fermentación produjo reducción del Fe en las variedades Papa y Perdicitita e incrementos en la variedad Dor-500. Para el Ca se cuantificaron incrementos en las variedades Vaina Morada y Perdicitita, mientras que para el P se observaron incrementos para la variedad Vaina Morada. Independientemente

del efecto de la lixiviación, el cual depende no solo de la temperatura y tiempo de exposición al agua, sino de la permeabilidad de las capas externas de las semillas, debe considerarse el posible efecto metabólico de los microorganismos fermentativos presentes en los granos. De acuerdo a Granito *et al.* (2002) el P se incrementa con la fermentación producto de la hidrólisis parcial del fitato. Sin embargo, dado que no se cuantificaron los minerales en el agua de fermentación, no se puede concluir que las variaciones observadas se deben al efecto de los microorganismos presentes.

Diferentes autores han reportado respuestas distintas al medir el efecto del procesamiento sobre el contenido de minerales. Chitra *et al.* (1995) al someter a cocción leguminosas cultivadas en la India no encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) sobre el contenido de Ca, Mg y Fe. De igual manera Seena *et al.* (2006) no encontraron diferencias en los contenidos de Ca, Cu y Zn al aplicar procesos de cocción a presión y tostado a *Canavalia catár-*

TABLA II
CONTENIDO DE MINERALES (MG/100G) DE VARIEDADES DE
Phaseolus vulgaris CRUDAS Y PROCESADAS

Variedad/ Tratamiento	Fe	Ca	P	Zn	Mg	Na	K
Papa							
Cr	13,2 ±0,02 d	196,0 ±5,04 c	537,52 ±1,09 b	4,35 ±0,23 b	235,16 ±3,92 d	65,77 ±1,87 c	1969,7 ±32 c
Co	5,80 ±0,04 c	166,5 ±3,41 b	515,89 ±2,21 b	3,24 ±0,16 a	194,14 ±0,56 c	65,64 ±0,78 c	1057,99 ±10 b
F	5,32 ±0,23 b	83,09 ±4,24 a	520,44 ±7,36 b	3,16 ±0,32 a	175,93 ±2,83 b	26,43 ±0,92 b	1258,77 ±35 b
FCo	4,46 ±0,09 a	81,25 ±1,86 a	251,57 ±7,96 a	3,04 ±0,12 a	101,17 ±1,41 a	14,7 ±0,10 a	505,33 ±4,16 a
Vaina Morada							
Cr	10,2 ±0,18c	77,7 ±2,34 c	675,6 ±3,35 c	5,4 ±0,26bc	206,4 ±6,32 d	44,1±0,21 d	1828,3 ±40,11 d
Co	8,7 ±0,42 b	72,2 ±0,55 b	485,7 ±14,75 a	4,9 ±0,02 b	141,9 ±0,11 a	29,4 ±2,27 b	1005,2 ±8,91 a
F	10,1 ±0,33c	80,5 ±1,80 d	684,8 ±1,67 d	5,8 ±0,07 c	173,6 ±3,74 c	34,5 ±2,37 c	1515,6 ±6,99 c
FCo	8,2 ±0,28a	70,6 ±0,79 a	540,2 ±9,01 b	4,6 ±0,10a	162,9 ±4,11 b	22,9 ±3,11 a	1202,7 ±8,12 b
DOR-500							
Cr	5,5 ±0,20 c	243,5 ±0,91 d	510,5 ±18,04 d	-	234,7 ±3,30 d	112,8 ±10 c	1192 ±21 d
Co	4,8 ±0,45 a	186,4 ±5,5 c	443,5 ±0,07 c	4,1 ±0 b	172,8 ±2,5 c	64,2 ±4,89 b	923,7 ±9,91 c
F	6,4 ±0,42 d	137,7 ±6,96 b	356,3 ±4,93 b	2,2 ±0,17 a	162,2 ±4,59 b	8,4 ±0,61 a	776,6 ±12,12 b
FCo	6,0 ±0,07 b	58,8 ±0,53 a	209,9 ±5,02 a	1,9 ±0,02 a	110,7 ±5,34 a	7,5 ±0,23 a	570,7 ±8,50 a
Perdicita							
Cr	10,6 ±0,36 c	84,2 ±3,26 b	545,0 ±4,18 d	6,3 ±0,29 b	164,6 ±1,0 d	36,6 ±2,22 c	1539,2 ±2,98 d
Co	5,3 ±0,71 a	72,6 ±0,49 a	528,0 ±1,36 c	5,7 ±0,05 a	157,1 ±1,58 c	21,1 ±0,29 b	1304,7 ±11,28 c
F	6,5 ±0,45 b	112,6 ±0,56 d	526,4 ±2,65 b	6,37 ±0,06 b	144,1 ±1,03 b	38,7 ±2,90 d	1060,7 ±20,88 b
FCo	6,5 ±0,10 b	90,6 ±1,91 c	455,3 ±6,69 a	6,3 ±0 b	137,1 ±1,33 a	17,0 ±0,23 a	717,1 ±20,81 a

Cr: cruda, Co: cocida, F: fermentada, FCo: fermentada y cocida. Para cada variedad, letras diferentes en una misma columna representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

tica, mientras que Granito *et al.* (2002, 2007) al fermentar distintas variedades de *P. vulgaris* y *P. lunatus*, reportaron disminuciones en el contenido de minerales.

En la Tabla III se presentan los resultados correspondientes a los compuestos bioactivos y a la digestibilidad proteica *in vitro*. La cocción disminuyó de manera significativa ($p \leq 0,05$) el contenido de taninos en las cuatro variedades. En el caso de la fermentada la respuesta no fue uniforme; disminuyó para las variedades Papa y Vaina Morada, no varió significativamente ($p \leq 0,05$) para la variedad Dor-500 y se incrementó para la variedad Perdicita. En relación a los polifenoles totales, la respuesta fue similar. Según Nackz y Shahidi (2004) los compuestos fenólicos pueden encontrarse en forma libre, conjugados con azúcares o este-

res, o polimerizados; no se distribuyen uniformemente en los tejidos ni en las células y pueden estar asociados a componentes de la pared celular tales como polisacáridos y proteínas, lo cual dificulta su extracción. Además su estabilidad ante el daño térmico y oxidativo es muy variable; de allí las diferentes respuestas encontradas.

Los inhibidores de tripsina disminuyeron en promedio para las cuatro variedades estudiadas en 99,5% con la cocción y en 76% con la fermentación, incrementándose por tanto el valor nutricional de las muestras procesadas. En lo que respecta a la digestibilidad proteica *in vitro*, ésta se incrementó a medida que disminuyó el contenido de

nuyen con el procesamiento. El almidón disponible se reduce probablemente por solubilización en el agua de cocción y/o fermentación, tal como ha sido reportado por Meares *et al.* (2004) y más recientemente por Angulo-Bejarano *et al.* (2008), quienes observaron una disminución de 1,6% del almidón total en *Cicer arietinum* L al ser sometida a fermentación para la preparación de tempeh. Por su parte, el almidón resistente se reduce porque se hace disponible o accesible para la gelatinización. En las leguminosas, particularmente en *P. vulgaris*, el almidón resistente es principalmente del tipo AR₁ o "físicamente inaccesible" (Singh *et al.*, 2008); sin embargo, cuando es sometido a tratamiento térmico y dependiendo de la intensidad del tratamiento, se reduce porque se vuelve accesible a la acción enzimática y por tanto disponible. Adicionalmente, aunque en menor proporción, los procesos de calentamiento y enfriamiento originan la formación de almidón retrogradado o (AR₃), el

TABLA III
CONTENIDO DE TANINOS, POLIFENOLES, INHIBIDORES DE TRIPSINA
Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* EN VARIEDADES DE *Phaseolus vulgaris*

Variedad/Tratamiento	Taninos (mg/100g)	Polifenoles (mg/100g)	Inhibidores Tripsina (UIT)	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)
Papa				
Cr	30,31 ±1,53 c	1231,08 ±5,06 d	26,74 ±1,51 b	71,52 ±0,64 a
Co	18,53 ±0,82 b	384,39 ±2,03 b	ND	81,93 ±0 c
F	18,66 ±1,15 b	677,49 ±11,53 c	2,92 ±0,09 a	71,98 ±1,28 b
FCo	16,57 ±1,06 a	253,77 ±5,3 a	ND	81,93 ±0 c
Vaina Morada				
Cr	52,58 ±0,04 d	656,87 ±1,70 c	37,72 ±0,15 c	75,14 ±0,64 b
Co	7,80 ±0,01 b	462,04 ±28,36 a	0,4 ±0a	82,84 ±1,28 d
F	43,62 ±4,25 c	475,72 ±3,05 a	8,4 ±0,02 b	71,07 ±0 a
FCo	1,80 ±0,01 a	570,49 ±0,8 b	ND	75,6 ±1,28 c
DOR-500				
Cr	13,46 ±2,29 c	1135,63 ±12,82 d	42,17 ±1,3 b	71,07 ±0 a
Co	8,50 ±0,59 b	463,89 ±3,78 c	ND	83,74 ±0 b
F	13,31 ±0,04 c	404,91 ±17,29 b	3,5 ±0,15 a	71,07 ±0 a
FCo	6,78 ±0,15 a	357,62 ±6,73 a	ND	84,64 ±0 b
Perdicita				
Cr	16,05 ±0,03 c	541,14 ±4,16 c	30,21 ±0,15 c	71,05 ±1,92 a
Co	10,93 ±0,77 b	508,09 ±4,35 b	0,2 ±0 a	81,48 ±0,64 d
F	19,16 ±1,2 d	712,52 ±17,65 d	16,6 ±0,2 b	71,98 ±1,28 b
FCo	8,73 ±0,57 a	462,78 ±1,44 a	ND	79,69 ±0 c

Cr: cruda, Co: cocida, F: fermentada, FCo: fermentada y cocida. ND: no detectado. Para cada variedad, letras diferentes en una misma columna representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

TABLA IV
CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS DE VARIEDADES DE
Phaseolus vulgaris CRUDAS Y PROCESADAS

Variedad/ Tratamiento	Almidón total (%)	Almidón disponible (%)	Almidón resistente (%)	Fibra total (g/100g)	Fibra insoluble (g/100g)	Fibra soluble (g/100g)	Rafinosa (%)	Estaquirosa (%)
Papa								
Cr	40,64 ±1,23 d	37,86 ±0,08 d	22,51 ±0,55 d	29,31 ±0,11 c	27,25 ±0,11 c	2,06 ±0 d	1,41 ±0,04 d	7,31 ±0,11 d
Co	37,87 ±0,95 a	36,50 ±1,82 a	7,56 ±0,09 b	44,64 ±0,12 d	42,96 ±1,41 d	1,68 ±0,1 c	0,06 ±0 b	0,78 ±0,02 b
F	38,43 ±0,8 c	37,67 ±0,25 b	20,72 ±0,44 c	23,97 ±0,57 b	23,05 ±0,58 b	0,92 ±0,01 b	0,84 ±0,02 c	2,31 ±0,01 c
FCo	38,12 ±0,2 b	37,76 ±0,8 c	6,5 ±0,31 a	21,45 ±0,09 a	20,69 ±0,06 a	0,61 ±0,01 a	0,01 ±0 a	0,26 ±0,01 a
Vaina Morada								
Cr	44,26 ±0,12 b	40,80 ±0,25 c	13,89 ±0,16 d	23,71 ±0,04 a	21,54 ±0,50 a	2,68 ±0,16 b	0,79 ±0,03 d	3,25 ±0,27 d
Co	40,49 ±0,48 a	39,09 ±0,02 b	6,78 ±0,76 b	25,15 ±0,11 b	23,38 ±0,14 b	1,77 ±0,03 a	0,19 ±0,01 c	0,49 ±0,01 c
F	40,74 ±1,71 a	31,38 ±0,08 a	12,24 ±0,13 c	27,18 ±0,6 c	25,61±0,31 c	1,57 ±0,30 a	0,15 ±0,01 b	0,34 ±0 b
FCo	39,66 ±0,26 a	38,14 ±0,43 b	3,46 ±0,08 a	30,2 ±0,02 d	29,14 ±0,16 d	1,55 ±0,16 a	0,07 ±0,004 a	0,25 ±0,01 a
DOR-500								
Cr	40,87 ±0,2 b	35,44 ±0,09 b	24,88 ±0,25 c	23,97 ±0,16 b	23,92 ±0,16 b	0,05 ±0 a	1,4 ±0,04 d	9,09 ±0,06 d
Co	37,53 ±0,55 a	31,34 ±0,13 a	13,87 ±1,07 b	28,12 ±0,31 d	28,12 ±0,31 d	ND	0,23 ±0,01 b	0,75 ±0,02 b
F	45,70 ±1,23 d	42,33 ±1,87 d	25,57 ±0,32 d	19,34 ±0,18 a	19 ±0,21 a	0,34 ±0,02 c	0,65 ±0,02 c	2,06 ±0,06 c
FCo	44,67 ±0,98 c	41,87 ±1,04 c	3,83 ±0,01 a	25,94 ±0,22 c	25,79 ±0,26 c	0,15 ±0 b	0,14 ±0,01 a	0,52 ±0,02 a
Perdicita								
Cr	49,98±0,02 c	42,17±0,11 c	23,32±0,73 d	24,42 ±0,23 a	21,69±0,02 a	2,74±0,21 d	0,73 ±0,03 c	3,35 ±0,07 c
Co	48,29 ±0,48 b	45,8 ±0,12 d	9,36 ±0,27 b	31,57 ±0,33 d	29,81 ±0,38 d	1,76 ±0,05 c	0,27 ±0,01 b	0,62±0,04 b
F	40,33 ±0,86 a	31,2 ±0,02 a	19,13 ±1,41 c	26,6 ±0,01b	25,46 ±0,18 b	1,14 ±0,09 b	0,15 ±0,01 a	0,29±0,01 a
FCo	40,24 ±0,72 a	32,66 ±0,96 b	2,70 ±0,22 a	27,51 ±0,01 c	26,53 ±0,03 c	0,99 ±0,02 a	0,13 ±0,01 a	0,28 ±0,01 a

Cr: cruda, Co: cocida, F: fermentada, FCo: fermentada y cocida. Para cada variedad, letras diferentes en una misma columna representan diferencias significativas ($p < 0,05$).

cual se mide también como parte del almidón resistente; por tanto, el almidón resistente cuantificado en las muestras procesadas es producto del balance final entre la disminución del AR_1 y el incremento del AR_3 , reacciones que van a depender de la composición de la matriz vegetal de cada variedad y de las condiciones del procesamiento aplicado.

Con respecto al contenido de fibra dietética, se corroboraron resultados reportados previamente para variedades de leguminosas (Granito *et al.*, 2001, 2001, 2003, 2005). En general, la fibra insoluble aumentó con la cocción, probablemente debido a la presencia del almidón resistente retrogradado, el cual se mide como parte de estos compuestos al utilizar la metodología de Prosky *et al.*, (1992) para cuantificarlos. De acuerdo a Peñalver *et al.* (2007) el contenido de almidón resistente retrogradado (AR_3) presente en el residuo fibroso insoluble de variedades negras de *P. vulgaris* es en promedio de 5,9%. Con base en esta información, si se corrigen los valores de fibra insoluble para las muestras analizadas,

se puede observar que excepto para la variedad Papa, los valores de FI podrían haberse incrementado debido a la formación de AR_3 . Respecto a la fibra soluble se puede observar que esta disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) con la cocción, pero mucho más con la fermentación, probablemente debido a la utilización de estos compuestos como sustrato por las bacterias responsables de la fermentación (Bourquin *et al.*, 1996). De igual manera, los α -galactósidos rafinosa y estaquirosa, compuestos hidrosolubles presentes en los cotiledones de los granos y responsables por la flatulencia que produce el consumo de *P. vulgaris*, también se redujeron de manera significativa ($p \leq 0,05$) con los procesos de cocción y fermentación.

En la Tabla V se presentan los resultados correspondientes al índice de absorción de grasa (IAG). Se encontraron valores que oscilaron entre 1,1 y 2,2g aceite /g muestra, evidenciándose una baja variabilidad entre las variedades crudas analizadas. Dor-500, Papa y Perdicita no variaron en forma significativa

sobre el IAG, se observó que la cocción se disminuyó en todas las variedades analizadas. Estas reducciones están dentro de los rangos reportados por Nagmani y Prakash (1997), quienes encontraron para *Vigna mungo* cruda valores de IAG de 2,46g·g⁻¹ que luego dismi-

TABLA V
PROPIEDADES FUNCIONALES DE VARIEDADES DE
Phaseolus vulgaris CRUDAS Y PROCESADAS

Variedad/Tratamiento	IAG	IAA	CE	CES
Papa				
Cr	1,34 ±0,03 c	1,89 ±0,08 a	31,6 ±0,5 b	30,5 ±0 c
Co	0,95 ±0,01 a	3,20 ±0,04 c	27,5 ±0,7 a	11,0 ±1 b
F	1,36 ±0,07 c	2,41 ±0,2 b	41,39 ±2,54 c	33,78 ±2,1 d
FCo	1,13 ±0,03 b	3,19 ±0,05 c	43,5 ±1,41 d	3,8 ±0,29 a
Vaina Morada				
Cr	1,72 ±0,1 c	1,7 ±0,07 a	18,8 ±0 a	37,1 ±0 d
Co	1,02 ±0,04 a	3,35 ±0,02 c	28,6 ±3,71 b	23,7 ±4,2 a
F	1,09 ±0,07 a	2,64 ±0,21 b	37,5 ±0 d	30,1 ±1,1 c
FCo	1,17 ±0,08 b	3,76 ±0,21 d	35,53 ±3,86 c	26,6 ±1,1 b
DOR-500				
Cr	1,11 ±0,03 a	2,82 ±0,08 b	28,8 ±2,3 a	20,0 ±4,6 c
Co	1,09 ±0,08 a	4,41 ±0,30 d	30,2 ±0,3 b	1,9 ±0,03 a
F	1,65 ±0,11 b	2,69 ±0,11 a	44,3 ±0,99 d	15,2 ±2,78 b
FCo	1,70 ±0,09 c	3,24 ±0,04 c	38,7 ±1,06 c	2,0 ±0 a
Perdicita				
Cr	1,20 ±0,01 a	2,07 ±0,03 a	24,50 ±0,71 b	41,05 ±0,63 d
Co	1,31 ±0,03 b	2,73 ±0,05 c	23,30 ±0 a	13,89 ±0,15 a
F	1,30 ±0,03 b	2,52 ±0,02 b	46,67 ±5,77 c	33,96 ±0,54 c
FCo	1,47 ±0,03 c	3,30 ±0,02 d	58,30 ±2,40 d	16,93 ±0,81 b

Cr: cruda, Co: cocida, F: fermentada, FCo: fermentada y cocida, IAG: índice de absorción de grasa, IAA: índice de absorción de agua, CE: capacidad emulsificante, CES: capacidad espumante. Los resultados representan la media de tres determinaciones ±DE. Para cada variedad, letras diferentes en una misma columna representan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$). Densidad del aceite= 0,9g/v.

($p \leq 0,05$) el IAG, siendo los resultados encontrados consistentes con los reportados previamente para *Vigna sinensis* (1,33g·g⁻¹), (Granito *et al.*, 2004a), *Canavalia ensiformis* (1,7ml·g⁻¹), *Mucuna pruriens* (1,67ml·g⁻¹) y *P. lunatus* (1,83g·g⁻¹; Chel *et al.*, 2002).

Respecto al efecto del procesamiento

nuyeron con la cocción en un 11,4%. De igual manera, Granito *et al.* (2007) reportaron disminuciones de 33,3% al someter a cocción a presión atmosférica granos de *P. lunatus*. El IAG depende de la estructura de la matriz proteica, la cual a su vez determina las interacciones hidrofóbicas proteína-lípidos (Ghavidel, 2006). El tratamiento térmico altera la disposición de los grupos hidrofóbicos, disminuyendo su disponibilidad para interactuar con las moléculas de lípidos y en consecuencia el IAG (Schwenke, 2001).

Por el contrario, la fermentación y la combinación de los procesos fermentación y cocción incrementaron el IAG para la variedad DOR-500 y Perdicitita en 49 y 53% y en 8 y 23%, respectivamente. El proceso de fermentación somete a las moléculas de proteína a temperaturas moderadas de 42°C durante 48h, lo cual origina alteraciones estructurales de la proteína tales como un desdoblamiento parcial de las mismas, con la consiguiente mayor exposición de los grupos hidrófobos.

De los resultados obtenidos para las variedades DOR-500, Perdicitita y Vaina Morada, se deduce que la fermentación seguida por la cocción favorece la capacidad para absorber aceite, por lo que estas harinas podrían ser incorporadas en el desarrollo de alimentos como embutidos, sustitutos de carnes, etc.

El índice de absorción de agua (IAA) aumentó con todos los procesos aplicados. En relación a la cocción, se observaron incrementos significativos ($p \leq 0,05$) entre las variedades crudas y cocidas. La variedad Vaina Morada experimentó el mayor incremento (97%) y las demás variedades mostraron incrementos entre 32 y 69% (Tabla V). Los valores de IAA cuantificados son consistentes con los reportados previamente para *V. sinensis* cocidas y fermentadas (Granito *et al.*, 2004) y *P. lunatus* cocidas (Granito *et al.*, 2007).

El proceso de fermentación aumentó entre 22% y 55% el IAA para las variedades Papa, Perdicitita y Vaina Morada; al aplicarle cocción a las harinas ya fermentadas se encontraron incrementos adicionales entre 15 y 121%. Enwere *et al.* (1998) demostraron que el tratamiento térmico húmedo desnaturaliza las proteínas, principalmente a las albúminas, no afectando mayormente las globulinas. Esta desnaturalización incrementa la accesibilidad por parte del agua a la proteína y a los aminoácidos polares, produciéndose un incremento en el IAA. Adicionalmente, las harinas de leguminosas presentan en su composición almidones y fibra dietética; la gelatinización del almidón y el hinchamiento de la fibra dietética también contribuyen al aumento en la capacidad de absorber agua en las muestras cocidas y fermentadas cocidas (Granito *et al.*, 2004a).

El uso de las harinas de leguminosas como ingrediente para el desarrollo de productos alimenticios depende en gran medida de la capacidad de rehidratación de dichas harinas. La fermentación natural seguida por la cocción incrementa significativamente esta propiedad, por lo que las harinas de *P. vulgaris* procesadas podrían utilizarse como ingrediente en la elaboración de productos horneados, sopas, masas, pastas, alimentos donde la capacidad de absorción de agua juega un papel fundamental, no solo en las características organolépticas del alimento final, sino en su costo final.

En la Tabla V también se reportan los resultados de la capacidad emulsificante (CE), la cual disminuyó con la cocción en 5 y 13% para las variedades Perdicitita y Papa, mientras que los procesos de fermentación y de fermentación/cocción la aumentaron significativamente ($p \leq 0,05$). Las harinas fermentadas de DOR-500, Papa, Perdicitita y Vaina Morada presentaron aumentos entre 31 y 99%,

en tanto que en las muestras fermentadas y cocidas de las mismas variedades los aumentos fueron entre 34 y 138%. Resultados similares fueron reportados por Padmashere *et al.* (1987) para *P. vulgaris* cocida y por Granito *et al.* (2004b) para variedades de *V. sinensis* cocidas y fermentadas.

La estructura rígida y compacta de las globulinas, principal fracción proteica de *P. vulgaris*, no las hace proteínas con buen potencial para funciones superficiales como las emulsificantes/espumantes (Sathe, 2002); sin embargo, los resultados encontrados señalan que las muestras crudas de *P. vulgaris* fueron capaces de desarrollar estas propiedades y que el proceso de fermentación pareció preservar dichas propiedades del efecto de los tratamientos térmicos. La fermentación natural pareciera desnaturalizar parcialmente las proteínas incrementando la flexibilidad molecular y la hidrofobicidad superficial. En efecto, al fermentar leguminosas de producción nacional se encontró que este proceso altera químicamente la proteína porque se encontró un grado de hidrólisis de 13,9% (resultados no publicados). La habilidad de las proteínas para contribuir con la formación y estabilización de la emulsión es particularmente importante en la elaboración de productos emulsionados como mayonesas, salsas y de productos cárnicos, donde actúan como cohesores de las fases lipídicas y acuosas.

Los resultados obtenidos para la capacidad espumante (CES) indican que los mayores porcentajes de CES los presentaron las variedades crudas (20-41%; Tabla V). El proceso de cocción disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) la CES de todas las variedades estudiadas, obteniéndose disminuciones entre 36 y 90% con respecto a las variedades crudas. En relación a la fermentación, ésta disminuyó la CES entre 17 y

24%. El proceso de cocción aplicado a las variedades previamente fermentadas disminuyó adicionalmente la CES entre 28 y 90%.

La capacidad espumante es una propiedad funcional coloidal en la cual las proteínas, solas o en conjunto con otros compuestos con actividad superficial, son adsorbidas en la interfase formando una capa alrededor de las burbujas de aire, estabilizándolas (Dickinson y McClements, 1996). Sin embargo, al aplicar procesos térmicos la desnaturalización proteica es alta, produciéndose agregación y precipitación proteica, disminuyendo así el poder espumante de las variedades procesadas (Fennema, 2000). Otro factor que pudo haber afectado la CES fue la concentración de harina utilizada (2%). Lawal *et al.* (2005) observaron que a medida que aumentaba la concentración de harina de *Parkia biglobosa* de 2 a 6% la CES aumentaba de 47,8 a 79,1%.

Conclusiones

El procesamiento altera las características químicas y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris*; disminuye componentes hidrosolubles como proteínas, minerales, algunos carbohidratos, taninos y polifenoles e incrementa la digestibilidad proteica *in vitro*. Adicionalmente, la fermentación disminuye los compuestos productores de flatulencia. Respecto a las propiedades funcionales, la cocción incrementa la capacidad de absorción de agua y disminuye la capacidad de absorción de grasa y la capacidad espumante de distintas variedades de *P. vulgaris*, siendo variable la respuesta encontrada para la capacidad emulsificante. Por su parte la fermentación natural incrementa la capacidad emulsificante, preservando estas características en las harinas posteriormente cocidas. De lo anterior se desprende que la aplicación de la fermentación

tación natural y la cocción incrementa el valor nutricional y funcionalidad de *P. vulgaris*, potenciando su utilización como ingrediente en diversos productos de alto consumo, principalmente en aquellos donde la matriz del alimento sea una emulsión.

REFERENCIAS

- Angulo-Bejarano P, Verdugo NM, Cuevas E, Milán J, Mora R, Lopez JA, Grazón JA, Reyes C (2008) Tempeh flour from chickpea (*Cicer arietinum* L.) nutritional and physicochemical properties. *Food Chem.* 106: 106-112.
- AOAC (1990) *Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, EEUU.
- Bencini M (1986) Functional properties of drum-dried chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours. *J. Food Sci.* 51: 1518-1526
- Beuchat L (1977) Functional and electrophoretic characteristics of succynalated peanut flour proteins. *J. Agric. Food Chem.* 25: 258-263.
- Bourquin LD, Titgemeyer EC, Fahey C (1996) Fermentation of various dietary fiber sources by human fecal bacteria. *Nutr. Res.* 16: 1119-1131.
- Carmona-García R, Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Tovar J, Bello Pérez LA (2007) Composition and effect of soaking on starch digestibility of *Phaseolus vulgaris* (L.) cv. 'Mayocoba'. *Int. J. Food Sci. Tech.* 42: 296-302.
- Champ M (2002) Grain legumes and health. A workshop in 2001. *Grain Legum.* 35:13-14.
- Champ M, Noah L, Loizeau G, Kozłowski F (1995) Analytical methods of resistant starch. En *Proc. AOAC International Workshop Definition and analysis of complex carbohydrates / dietary fiber*. Nashville, TE, EEUU.
- Chel L, Pérez V, Betancourt D, Dávila G (2002) Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 50: 584-591.
- Chitra U, Singh U, Venkateswara P (1995) Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber, and minerals of pulses as influenced by processing methods. *Plant Foods Human Nutr.* 49: 307-316.
- Dickinson E, McClements DJ (1996) Molecular basis of protein functionality. En Dickinson E, McClements DJ (Eds.) *Advances in Food Colloids*. Blackie. Londres, RU. pp. 27-80.
- Egounlety M (2002) Production of legume-fortified weaning foods. *Food Res. Int.* 35: 233-238.
- Enwere NJ, McWalters KH, Phillips RD (1998) Effect of processing on some properties of frijol seed, protein, starch, flour and akara. *Int. J. Food Sci. Tech.* 49: 365-373.
- Fennema O (2000) *Química de los Alimentos*. 2ª ed. Acribia. Zaragoza, España. pp. 433-469.
- Frías J, Hedley C, Price KR, Fenwick RG, Vidal-Valverde C (1994) Improved method for the analysis of alpha-galactosides in pea seeds by capillary zone electrophoresis - Comparison with high-performance liquid chromatography triple-pulsed amperometric detection. *J. Liq. Chromat.* 17: 2469-2483.
- Ghavidel AR, Jamuna P (2006) Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. *J. Sci. Food Agric.* 86: 1189-1195.
- Granito M, Álvarez G (2006) Lactic acid fermentation of black beans (*Phaseolus vulgaris*): microbiological and chemical characterization. *J. Sci. Food Agric.* 86: 1164-1171.
- Granito M, Frías J, Doblado R, Guerra M, Champ M, Vidal-Valverde C (2002) Nutritional improvement of beans (*Phaseolus vulgaris*) by natural fermentation. *Eur. Food Res. Technol.* 214: 226-231.
- Granito M, Champ M, Guerra M, Frías J (2003) Effect of natural and controlled fermentation on flatulence-producing compounds of beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Sci. Food Agric.* 83: 1004-1009.
- Granito M, Guerra M, Torres A, Guinand J (2004a) Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna Sinensis*. *Interciencia* 29: 521-526.
- Granito M, Trujillo L, Guerra M (2004b) Uso de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna Sinensis* como extensores de una bebida láctea fermentada. *Arch. Lat. Nutr.* 54: 99-104.
- Granito M, Brito Y, Torres A (2007) Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed *P. lunatus*. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2801-2809.
- Holm J, Björck I, Drews A, Asp NG (1986) A rapid method for the analysis of starch. *Starch/Stärke* 38: 224-226.
- Hsu H, Vavak D, Satterlee L, Miller G (1977) Multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.* 42: 1269-1273.
- Kakade M, Rackis J, Puski G (1974) Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 54: 177-182.
- Kutoš T, Golob T, Ka M, Plesnjenjak A (2003) Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chem.* 80: 231-235.
- Lawal OS, Adebawale KO, Ogunsanwo BM, Sosanwo OA, Bankole SA (2005) On the functional properties of globulin and albumin protein fractions and flours of African locust bean (*Parkia biglobosa*). *Food Chem.* 92: 681-691.
- Leterme P, Muñoz C (2002) Factors influencing pulse consumption in Latin América. *Brit. J. Nutr.* 88: S251-S254.
- Makri EA, Doxastakis GI (2006) Emulsifying and foaming properties of *Phaseolus vulgaris* and *coccineus* proteins. *Food Chem.* 98: 558-568.
- Meares CA, Bogracheva TY, Hill SE, Hedley CL (2004) Development and testing of methods to screen chickpea flour for starch characteristics. *Starch/Stärke.* 56: 215-224.
- Messina MJ (1999) Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 439S-450S.
- Nacz M, Nichols T, Pink D, Sosulski F (1994) Condensed tannin in canolla hulls. *J. Agric. Food Chem.* 42: 2196-2200.
- Nagmani B, Prakash J (1997) Functional properties of thermally treated legume flours. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 48: 205-214.
- Padmashere TS, Vijayalakshmi L, Shashikala P (1987) Effect of traditional processing on the functional properties of frijol flour. *J. Food Sci. Tech.* 24: 221-225.
- Peñalver C, Herrera I, Tovar J (2007) Indigestible starch associated to dietary fiber residues from cooked legume seeds consumed in Venezuela. *Interciencia* 32: 620-623.
- Prosky L, Asp N, Schweiser E, Devries J, Furda Y (1992) Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food product. Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 75: 1017-1023.
- Queiroz-Monici KS, Costa GEA, da Silva N, Reis SMPM, Oliveira AC (2005) Bifidogenic effect of dietary fiber and resistant starch from leguminous on the intestinal microbiota of rats. *Nutrition* 21: 602-608.
- Reyes-Moreno C, Paredes-Lopez O (1993) Hard-to-cook phenomenon in common beans - a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33: 227-286.
- Sathe SK (2002) Dry bean protein functionality. *Crit. Rev. Biotechnol.* 22: 175-223.
- Sathe SK, Salunkhe DK (1981) Functional properties of the great Northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Proteins, emulsions, foaming, viscosity and gelation properties. *J. Food Sci.* 46: 71.
- Schwenke KD (2001) Reflections about the functional potential of legume proteins A Review. *Nahrung/Food* 45: 377-381.
- Seena S, Sridhara KR, Arunb AB, Youngb CC (2006) Effect of roasting and pressure-cooking on nutritional and protein quality of seeds of mangrove legume *Canavalia cathartica* from southwest coast of India. *J. Food Comp. Anal.* 19: 284-293.
- Singh Sandhu K, Seung-Taik L (2008) Digestibility of legume starches as influenced by their physical and structural properties. *Carbohydr. Polym.* 71: 245-252.
- Tovar J, Björck I, Asp NG (1990) Starch content and α -amylolysis rate in precooked legumes flour. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1818-1823.
- Tovar J, Björck IM, Asp NG (1992) Incomplete digestion of legume starches in rats: a study of precooked flours containing retrograded and physically inaccessible starch fractions. *J. Nutr.* 122: 1500-1507.
- Vargas-Torres A, Osorio-Díaz P, Islas-Hernández JJ, Tovar J, Paredes-Lopez O, Bello-Pérez LA (2004a) Starch digestibility of five cooked black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J. Food Comp. Anal.* 17: 605-612.
- Vargas-Torres A, Osorio-Díaz P, Tovar J, Paredes-López O, Ruales, J, Bello-Pérez LA (2004b) Chemical composition, starch bioavailability and indigestible fraction of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Starch/Stärke*, 56: 74-78.
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, Ishii K (1992) Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem.* 36: 719-727.