

Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2016, 33: 58-75

Evaluación de propiedades funcionales de cuatro harinas de semillas de leguminosas comestibles cultivadas en Venezuela

Evaluation of functional properties on four different grain flour legumes grown in Venezuela

Euler Miquilena¹, Atilio Higuera Moros² y Belkis Rodríguez³

¹Departamento de Química, ²Departamento de Agronomía, ³Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Avenida 16 (Guajira). Ciudad Universitaria "Dr. Antonio Borjas Romero". Núcleo Agropecuario. Maracaibo 4005, estado Zulia, Venezuela.

Resumen

Una manera de diversificar el consumo de leguminosas de grano tropicales es mediante su uso en forma de harinas como ingrediente en la elaboración tecnológica de productos horneados, cárnicos, salsas, confites y alimentos fortificados. Para su inclusión como ingrediente es preciso estudiar previamente sus propiedades funcionales. En esta investigación se determinaron la capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de absorción de grasa (CAG), densidad aparente (DA), capacidad espumante (CFE) y estabilidad de la espuma (EES), en harinas de *Vigna unguiculata* (variedades Catatumbo de semilla tipo ojo negro y Criollo de Mara, de grano de color blanco), *V. radiata* (variedad Mara I) y *Cajanus cajan* (variedad TAC-401). Diferencias significativas entre las harinas evaluadas fueron observadas para CAA y CAG, presentando el frijol blanco los mayores promedios. Todas las harinas presentaron una DA similar. La harina de semilla de frijol blanco mostró la mayor CFE siendo significativamente menor en quinchoncho. La harina de quinchoncho presentó una alta estabilidad de la espuma a través del tiempo. Las harinas evaluadas pueden ser utilizadas en la industria de alimentos de acuerdo a sus propiedades funcionales como alternativa de sustitución parcial de la harina de soya y para dar valor agregado a los cultivos de frijol, frijol chino y quinchoncho como incentivo de su producción a nivel nacional.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, *V. radiata*, *Cajanus cajan*, propiedades funcionales.

Recibido el 03-10-2014 ● Aceptado el 16-02-2016

Autor de correspondencia e-mail: eumiquilena@fa.luz.edu.ve; atiliohiguera@fa.luz.edu.ve.

Abstract

A way to diversify the tropical grain legumes is using their flours as ingredient on technological food for processing products as bakery, meat, sauces, and fortified food, but it is essential to study first the functional properties. In this research the water absorption capacity (WAC), oil absorption capacity (OAC), bulk density (BD), foam capacity (FC) and foam stability (FS), were evaluated on legume flour of pigeon bean *Vigna unguiculata* (Catatumbo variety with black eye seeds and Criollo of Mara variety with white seeds), mung bean *V. radiata* (Mara I variety) and pigeon pea *Cajanus cajan* (TAC-401 variety). Differences among flours were detected on CAA and CAG. White cowpea showed best CFE average. There were no differences among flours in relation to apparent density (AD). Foam stability was different along time but it was very uniform on pigeon pea. Flour of evaluated legumes can be recommended to use in the food industry of tropical countries to increase the potential of these tropical crops.

Key words: *Vigna unguiculata*, *V. radiata*, *Cajanus cajan*, functional properties.

Introducción

En Venezuela las leguminosas comestibles son alimentos que forman parte importante de la dieta de la población; no obstante, su consumo es mayoritariamente en forma de grano cocido (Leterme y Muñoz, 2002). Dado su potencial nutricional, Hussain y Basahy (1998) y Preet y Punia (2000), plantearon que se debe incrementar su consumo, diversificando su uso como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos alimenticios y de esta manera dar valor agregado a su producción. Sin embargo, para lograr una utilización óptima de leguminosas como *Vigna unguiculata*, *V. radiata* y *Cajanus cajan*, se deben conocer algunas de sus propiedades funcionales, tanto de la materia prima cruda como de la procesada (Granito *et al.*, 2004). Desde el punto de vista de aplicación alimenticia, las propiedades como hidratación, emulsificación, formación de espuma, gelación, viscosidad, absor-

Introduction

In Venezuela edible legumes are food with an important role in the Venezuelan diet; nevertheless, its consumption is mainly as cocked grain (Leterme and Muñoz, 2002). Due to its nutritional potential Hussain and Basahy (1998) and Preet and Punia (2000), mentioned that its consumption should increasing by diversifying its use as an ingredient in the development of new food products; likewise, providing more aggregate value to the production. However, to obtain an optimum use of legumes such as *Vigna unguiculata*, *V. radiata* and *Cajanus cajan*, some functional properties should be known in both the raw and processed matter (Granito *et al.*, 2004). From the point of view of food application, the hydration properties, emulsification, foam formation, gelling, viscosity, water and oil absorption, solubility, buffer capacity along to the nutritional

ción de agua y aceite, solubilidad, capacidad buffer junto con las propiedades nutricionales han sido consideradas importantes (Sathe *et al.*, 1984). Por lo tanto, para garantizar el uso exitoso de las harinas de las leguminosas bajo estudio en la formulación de alimentos se hace necesario determinar sus propiedades funcionales. Las proteínas, así como los carbohidratos y la fibra dietética presente en las leguminosas determinan propiedades funcionales hidrodinámicas importantes, como la capacidad para absorber agua y grasa, o propiedades coloidales como la capacidad espumante y emulsificante, las cuales a su vez indican el tipo de producto al cual se podrá incorporar la materia prima evaluada (Sathe *et al.*, 1984).

En este trabajo se estudiaron las propiedades funcionales de las harinas de grano de frijol, frijol chino y quinchoncho con el propósito de utilizarlas como ingredientes sustitutos de la soya en la elaboración de salsas, productos horneados, de confitería y cárnicos. Se espera contribuir con la valoración nutricional de especies de leguminosas adaptadas a las condiciones agroecológicas del país, que puedan utilizarse tecnológicamente en la producción, procesamiento, conservación y preparación de alimentos para el consumo humano.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

Se sembraron parcelas de frijol, frijol chino y quinchoncho en el campo experimental "La Cañada" del Instituto Nacional de Investigaciones

properties are considered important (Sathe *et al.*, 1984). Thus, to guarantee the successful use of legume flours under research in the formulation of food it is necessary to determine their functional properties. The proteins, as well as the carbohydrates and the dietetic fiber present in the legumes, determine the important hydrodynamic functional properties, as well as the capacity to absorb water and fat, or colloidal properties such as the foam and emulsifying capacity, which at the same time indicate the type of product that accepts the raw matter evaluated (Sathe *et al.*, 1984).

In this research the functional properties of bean, mung bean and pigeon bean were studied, with the aim of using them as substitute ingredients of soy in the elaboration of sauces, baked products, sweets and meat products. It is expected to contribute to the nutritional labeling of legume species adapted to agro-ecologic conditions of the country that might be technologically used in the production, processing, preservation and elaboration of food for the human consumption.

Materials and methods

Location of the research

Plots of bean, mung bean and pigeon bean were sowed in experimental unit "La Cañada", that belongs to the National Institute of Livestock Research of Zulia State (INIA-Zulia), located in Km 25, Perijá. This area has a very dry tropical forest vegetation, with annual average precipitation of 470 mm, average temperature of 28°C and soil with a loamy/sandy texture

Agropecuarias del estado Zulia (INIA-Zulia), localizado en el km 25 de la vía a Perijá. Esta zona posee una vegetación de bosque muy seco tropical, precipitación promedio anual de 470 mm, temperatura promedio de 28°C y suelo de textura franco arenosa, con horizonte argílico superficial a 30 cm.

Obtención de la materia prima

Para la siembra de las leguminosas evaluadas fue preciso utilizar una superficie total de 460 m², dividida en cuatro parcelas, de las cuales dos de ellas se emplearon en la siembra de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.) de las variedades Catatumbo de semilla tipo ojo negro y Criollo de Mara, de grano de color blanco. Las otras dos parcelas se sembraron una con frijol chino variedad Mara I (*V. radiata* L. Wilczek) y la parcela restante con quinchoncho variedad TAC-401 (*Cajanus cajan* L. Millsp.). La densidad de siembra en el caso del frijol y frijol chino fue de 0,5 m entre hilera y 0,1 m entre planta, en el caso del quinchoncho, la distancia entre hilera fue de 1 m y la distancia entre planta de 0,5 m. La cosecha para frijol blanco, frijol ojo negro y frijol chino fue realizada 70 días después de la siembra y la de quinchoncho, 120 días después de la siembra.

Elaboración de las harinas

Las vainas de cada variedad de leguminosas una vez cosechadas se colocaron en bolsas de papel que posteriormente fueron llevadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia para su desgranado y posterior limpieza de los granos, los cuales se secaron en estufa a 60°C durante 72 horas hasta alcanzar una humedad de 12% aproximadamente. Posterior-

and superficial argillic horizon at 30 cm.

Obtaining of the raw matter

A total surface of 460 m² was used for sowing the evaluated legumes. This area was divided into four plots, two out of which were used for sowing bean (*Vigna unguiculata* L. Walp.) of the Catatumbo variety, which grain is white with black stains, and Mara Creole which grain is white. The other two plots were sowed one with mung bean of the variety Mara I (*V. radiata* L. Wilczek) and the rest of the plot with pigeon bean of the variety TAC-401 (*Cajanus cajan* L. Millsp.). The sow density in the case of bean and mung bean was of 0.5 m among rows and 0.1 m between plants; in the case of pigeon bean the row distance was of 1 m and the distance between plants was of 0.5 m. The crop for white bean, cowpea and mung bean was done 70 days after the crop and the pigeon bean sow 120 days after the sow.

Elaboration of flours

Once harvested, the sheaths of each variety of legumes were put on paper bags and later taken to the Animal Nutrition Laboratory of the Agronomy Faculty of Universidad del Zulia, for their shattering and posterior cleaning of the grains, which were let dried in a stove at 60°C for 72 hours until reaching a humidity of 12% approximately. Later, the grains grounded in a stainless-steel miller (Díaz *et al.*, 2000). Subsequently, were taken to a 1 mm sieve to uniform the samples and process it into fine flour. Lastly, the flour samples were put on plastic bags previously labeled for their posterior analyses.

mente, los granos se molieron en un molino de martillo de acero inoxidable (Díaz *et al.*, 2000). De allí se pasaron por un tamiz de 1 mm para uniformizar las muestras y así convertirlas en harina fina. Por último, las muestras de harina se colocaron en bolsas plásticas debidamente etiquetadas para su posterior análisis.

Análisis químicos

Capacidad de absorción de aceite (CAG)

A 2 g de muestra se le añadieron 20 mL de aceite de maíz, en tubos de centrifuga de 50 mL y se agitó en vortex durante 1 min, a temperatura ambiente. Luego se centrifugó a 3000 rpm.g⁻¹ durante 30 minutos, se desprecó el sobrenadante y la diferencia entre la masa de la muestra antes y después de absorber el aceite, se tomó como la cantidad de aceite absorbido. Los resultados se expresaron como gramos de aceite retenidos por gramo de muestra (Beuchat, 1977).

Capacidad de absorción de agua (CAA)

A 2 g de muestra se le añadieron 20 mL de agua, se agitó en un vortex por 30 minutos a temperatura ambiente, seguidamente, se centrifugó por 30 minutos a 3000 x g. Posteriormente, se desechó el sobrenadante y la diferencia entre la masa de la muestra antes y después de absorber el agua, se tomó como la cantidad de agua absorbida. Los resultados se expresaron como gramos de agua retenidos por gramo de muestra (Beuchat, 1977).

Capacidad de formación de espuma (CFE)

La capacidad de formación de espuma se determinó empleando el método propuesto por Bencini (1986).

Chemical analysis

Oil absorption capacity (OAC)

At 2 g of sample were added 20 mL of corn oil in centrifuge tubes of 50 mL and agitated in vortex for 1 min at environmental temperature. Later, it centrifuged at 3000 rpm.g⁻¹ for 30 minutes, the supernatant was eliminated and the difference of the sample mass was considered, before and after absorbing the oil, as the quantity of absorbed oil. The results were expressed as grams of retained oil by gram of sample (Beuchat, 1977).

Water absorption capacity (WAC)

Twenty mL of water were added to 2 g of the sample and were agitated in a vortex for 30 minutes at environment temperature; later, it centrifuged for 30 minutes at 3000 x g. Subsequently, the supernatant was eliminated and the difference between the mass of the sample before and after absorbing the water was considered as the quantity of water absorbed. The results were expressed as water grams retained by sample gram (Beuchat, 1977).

Foam formation capacity (FC)

The foam formation capacity was determined employing the method proposed by Bencini (1986). A suspension with 100 mL of distilled water and 2 g of sample was prepared in a precipitated glass of 250 mL. The suspension was blended for 5 minutes. Later, it transferred to a graded cylinder of 250 mL and the volume was measured. The foam formation capacity was expressed as increment volume percentage based on the initial

Se preparó una suspensión con 100 mL de agua destilada y 2 g de muestra en un vaso de precipitado de 250 mL. La suspensión se licuó durante 5 minutos. Posteriormente, se transfirió a un cilindro graduado de 250 mL y se midió el volumen. La capacidad de formación de espuma se expresó como porcentaje de aumento de volúmenes basándose en los volúmenes iniciales y después de la formación de la espuma mediante la siguiente ecuación:

Donde:

$$\% \text{CFE} = \frac{(V_2 - V_1) \times 100}{V_1}$$

V_1 = volumen inicial (antes de licuar).

V_2 = volumen después de licuar.

La estabilidad de la espuma (% EES) se midió en intervalos de tiempo de 15, 30, 60 y 120 minutos empleando la siguiente ecuación (Bencini (1986):

Donde:

$$\% \text{EE} = \frac{V_3 \times 100}{V_2 - V_1}$$

V_1 = volumen inicial (antes de licuar).

V_2 = volumen después de licuar.

V_3 = volumen de la suspensión medido a 15, 30, 60 y 120 minutos.

Densidad aparente (DA)

La densidad se determinó mediante la compactación de la harina de las leguminosas en un cilindro graduado de 10 mL, previamente pesado, hasta conseguir el volumen de 5 mL (Chinma *et al.*, 2008).

El valor de la densidad se calculó según:

Mt= masa total.

Mp= masa de la probeta.

volumes and after the foam formation, using the following equation:

Where:

$$\% \text{CFE} = \frac{(V_2 - V_1) \times 100}{V_1}$$

V_1 = initial volume (before blending).

V_2 = volume after blending.

The foam stability (% FS) was measured in time intervals of 15, 30, 60 and 120 minutes using the following equation (Bencini (1986):

Where:

$$\% \text{EE} = \frac{V_3 \times 100}{V_2 - V_1}$$

V_1 = initial volume (before blending).

V_2 = volume after blending.

V_3 = suspension volume measured at 15, 30, 60 and 120 minutes.

Apparent density (AD)

The density was determined through the compacting of legume flours in a gradual cylinder of 10 mL, previously weighted until reaching the volume of 5 mL (Chinma *et al.*, 2008)

The density value is calculated as:

Mt= total mass

Mp= mass of the probet

DA= density in g.mL^{-1}

$$DA = \frac{Mt - Mp}{5}$$

Statistical analysis

The data was processes in a completely randomized design using the SAS program version 9 for Windows. The mean and the standard deviation were calculated to the obtained results in the analysis performed. Duncan test was used at

DA= densidad en g.mL⁻¹

$$DA = \frac{Mt - Mp}{5}$$

Análisis estadístico

Los datos se procesaron mediante un diseño completamente aleatorizado. Para ello se utilizó el programa SAS versión 9 para Windows. Se calcularon la media y la desviación estándar de los resultados obtenidos en los análisis efectuados. Se utilizó la prueba de Duncan al nivel del 95% (P≤0,05) para detectar diferencias significativas entre las medias provenientes de tres repeticiones por cada tipo de harina.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados correspondientes a la capacidad de absorción de grasa (CAG) y capacidad de absorción de agua (CAA) de las cuatro harinas de semillas de leguminosas evaluadas.

Se observaron diferencias significativas (P≤0,05) entre la CAG de la

the level of 95% (P≤0.05) to detect significant differences among the means obtained from three replications by each type of flour.

Results and discussion

In table 1 are presented the results corresponding to the oil absorption capacity (OAC) and water absorption capacity (WAC) of four legume flours evaluated.

Significant differences were observed (P≤0.05) between the OAC of white bean flour and flours of mung bean and pigeon bean, without any significant differences among them. The flours of white bean and cowpea presented similar means.

In the pigeon bean flour, the values observed for OAC were similar to the reported by Oshodi and Ekperigin (1989) but lower to the values found by Mizubuti *et al.* (2000), Okpala and Mamah (2001), Mwangwela *et al.* (2010) and Kaushal *et al.* (2012). Regarding white bean and

Cuadro 1. Capacidad de absorción de aceite (CAG) y capacidad de absorción de agua (CAA) de cuatro harinas de semillas de leguminosas comestibles.

Table 1. Oil absorption capacity (OAC) and water absorption capacity (WAC) of four flours of edible legumes.

Muestra	CAG (g de aceite.g ⁻¹ de muestra)	CAA (g de agua.g ⁻¹ de muestra)
Frijol Chino	0,85 ^b	1,34 ^b
Frijol Blanco	1,09 ^a	1,71 ^a
Frijol Ojo Negro	0,97 ^{ab}	1,43 ^b
Quinchoncho	0,79 ^b	1,48 ^b

Letras similares en una misma columna no presentaron diferencias significativas (P<0,05).

harina de frijol blanco y las harinas de frijol chino y quinchoncho, no habiendo entre estas últimas diferencias significativas. Las harinas de frijol blanco y ojo negro presentaron medias similares.

En la harina de quinchoncho los valores observados para CAG fueron similares a los reportados por Oshodi y Ekperigin (1989) pero inferiores a los valores encontrados por Mizubuti *et al.* (2000), Okpala y Mamah (2001), Mwangwela *et al.* (2010) y Kaushal *et al.* (2012). Con respecto al frijol blanco y ojo negro investigadores como Ghavidel y Prakash (2006) y Prinyawiwatkul *et al.* (1997) han reportado valores de CAG similares a los obtenidos; no obstante, Giami (1993) y Abbey e Ibeh (1988) reportaron valores de CAG superiores. Para el frijol chino el valor de CAG encontrado fue inferior a los reportados por Akaerue y Onwuka (2010) y Shuang-Kui *et al.* (2014).

La CAG es la habilidad de las proteínas de las harinas para físicamente unirse a la grasa por atracción capilar, esto es de gran importancia debido a que la grasa actúa como retenedor del sabor y también incrementa la palatabilidad de los alimentos. La CAG ha sido atribuida al atrapamiento físico de la grasa dentro de las proteínas, los enlaces no covalentes tales como fuerzas electrostáticas hidrofóbicas y puentes de hidrógeno son las fuerzas involucradas en la interacción lípido-proteica (Lawal, 2004). Las variaciones en la cantidad de cadenas laterales no polares, las cuales podrían unirse a las cadenas hidrocarbonadas laterales de las grasas entre las harinas po-

cowpea, the researchers Ghavidel and Prakash (2006) and Prinyawiwatkul *et al.* (1997) have reported values of OAC similar to the ones obtained; nevertheless, Giami (1993) and Abbey and Ibeh (1988) report higher values of OAC. For mung bean, the OAC value found was lower to the reported by Akaerue and Onwuka (2010) and Shuang-Kui *et al.* (2014).

The OAC is the ability of the flour proteins to physically join to the fat by capillary attraction, this is important since the fat acts as a taste retainer and it also increases the taste of food. OAC has been attributed to the physical entrapment of fats in the proteins, the uncovalent connections such as the hydrophobic electrostatic strengths and hydrogen sources involved in the lipid-protean interaction (Lawal, 2004). The variations in the quantity of non-polar lateral chains, which might join to the lateral hydro-carbon chains of fat among the flours, might explain the differences found in OAC of flours (Adebowale and Lawal, 2004). OAC and WAC of food proteins depend on intrinsic factors such as the amino acid composition, protean formation and superficial polarity or hydrophobicity (Kaushal *et al.*, 2012).

The evaluated flours presented in general a OAC similar to the ones reported in soy (0.56-0.8 g.g⁻¹) by Sosulski and McCurdy (1987), thus, these may be used for preserving the aroma in the elaboration of chopped meat, also to obtain a better taste and to increase the useful life of the products for baking, donuts, pancakes, bread, as well as meat products and soups (Chel-Guerreiro *et al.*, 2002; Sathe, 2002).

siblemente explicó las diferencias encontradas en la CAG de las harinas (Adebowale y Lawal, 2004). La CAG y CAA de las proteínas de los alimentos depende de factores intrínsecos tales como composición de aminoácidos, conformación proteica y polaridad superficial o hidrofobicidad (Kaushal *et al.*, 2012).

Las harinas evaluadas presentaron en general una CAG similar a las reportadas en soya (0,56-0,8 g.g⁻¹) por Sosulski y McCurdy (1987) por lo que las mismas podrían utilizarse para la conservación de aromas en la elaboración de carne picada, también para conseguir una mejora de la palatabilidad y para incrementar la vida media de productos de repostería, donas, panqueques, bollería, así como en productos cárnicos y sopas (Chel-Guerrero *et al.*, 2002; Sathe, 2002).

La capacidad de absorción de agua (CAA) en las cuatro harinas de semillas de las leguminosas evaluadas estuvo en un rango de 1,34-1,71 g.g⁻¹ (cuadro 1). El valor promedio de CAA correspondiente a la harina de semilla de frijol chino fue el valor más bajo (1,34 g.g⁻¹) y la CAA de la harina de frijol blanco el valor más alto obtenido (1,71 g.g⁻¹). Se encontraron diferencias significativas (P≤0,05) entre los valores de CAA obtenidos para frijol blanco y los reportados para frijol chino, frijol ojo negro y quinchoncho, no presentando estas tres últimas diferencias significativas entre ellas (P≤0,05). Ghavidel y Prakash (2006) obtuvieron en el caso del frijol valores de CAA promedio igual a 1,28 g.g⁻¹ el cual fue menor a los valores observados en las harinas de las cuatro leguminosas evaluadas. En el caso del frijol blanco se

The water absorption capacity (WAC) in the four legume flours ranged from 1.34 to 1.71 g.g⁻¹ (table 1). The average value of WAC corresponding to the flour of mung bean was the lowest (1.34 g.g⁻¹) and the WAC of white bean flour was the highest (1.71 g.g⁻¹). Significant differences were found (P≤0.05) among the WAC values obtained for white bean and the reported for mung bean, cowpea and pigeon bean, none significant differences were observed in the last three (P≤0.05). Ghavidel and Prakash (2006) obtained in bean WAC values equal to 1.28 g.g⁻¹ which was lower to the values observed in the legume flours that were evaluated. In the case of white bean, it was obtained a WAC value of 1.71 g.g⁻¹, higher to the reported by the other authors but similar to the one obtained by Granito *et al.* (2004). Other authors such as Giami (1993) and Praderes *et al.* (2009) have reported for pigeon bean flour WAC values from 2.6 to 4.7 g.g⁻¹, respectively.

It is known that the residues of polar aminoacids of the proteins have affinity to the water molecules (Kinsella, 1976) and the differences among the WAC of different legumes might be due to the content of those amino acids in the legumes (Ghavidel and Prakash, 2006; Miquilena and Higuera, 2012). The flours that have high WAC value may have more hydrophilic constituents, such as polysaccharides (Kaushal *et al.*, 2012). The variation observed in the different flours analyzed might be attributed to the quantity of protein, its interaction to water and its formation characteristics (Butt and Batool, 2010).

obtuvo un valor de CAA de $1,71 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$, valor superior al reportado por los autores antes descritos pero similar al obtenido por Granito *et al.* (2004). Otros autores como Giami (1993) y Praderes *et al.* (2009) han reportado para harinas de quinchoncho valores de CAA entre $2,6$ y $4,7 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente.

Se conoce que los residuos de aminoácidos polares de las proteínas, tienen afinidad por las moléculas de agua (Kinsella, 1976) y las diferencias entre las CAA de diferentes leguminosas podría deberse al contenido de esos aminoácidos en las leguminosas (Ghavidel y Prakash, 2006; Miquilena e Higuera, 2012). Las harinas que presentaron altos valores de CAA tal vez tuvieron más constituyentes hidrofílicos, tales como polisacáridos (Kaushal *et al.*, 2012). La variación observada en las diferentes harinas analizadas podría ser atribuida a la cantidad de proteína, su grado de interacción con agua y sus características de conformación (Butt y Batool, 2010). Al respecto, Kuntz (1971) reportó que valores bajos de CAA en algunas harinas podría atribuirse a la menor disponibilidad de aminoácidos polares en las proteínas de estas harinas. Por otro lado, Granito *et al.* (2004) y Sangronis *et al.* (2004), mencionaron que la CAA podría estar relacionada con el contenido de almidón, proteína y fibra dietaria, fracciones caracterizadas por tener la propiedad de presentar una alta capacidad de absorción de agua.

La CAA es de suma importancia en el caso de las leguminosas y está directamente relacionada con las características de cocción, por lo que re-

On this matter, Kuntz (1971) reported that the low levels of WAC in some flours might be attributed to the lowest availability of polar aminoacids in the proteins of those flours. On the other hand, Granito *et al.* (2004) and Sangronis *et al.* (2004), mentioned that WAC might be related to the content of starch, protein and diet fiber, fractions characterized by having the property of presenting a high water absorption capacity.

The WAC has been very important in the case of legumes and it has been directly related to the cooking characteristics; thus, being necessary to determine the behavior of the food during the thermal process, since it helps in the cell separation in the cotyledons of the legumes. This characteristic was also applied for maintaining the soft texture of products elaborated with flours from mixtures of cereal-legume, such as pasta and cookies. On the other hand, the function of the proteins might have a relevant role when maintaining the humidity of food, as well as for baking products (Aguilera, 2009). A high WAC has been desirable in food such as custards and baking dough, by its capacity to embed water without dissolving the proteins (Seena and Sridhar, 2005). Also, this property influences in the texture of meat products, providing consistency, viscosity and higher adhesion properties; thus, the legume flours may be used in the formulation of this type of products, such as sausage or analogues of meat (Granito *et al.*, 2007).

The apparent density (AD) and the foaming formation capacity (FC) of four flours of the evaluated legumes are presented in table 2.

sulta imprescindible para determinar el comportamiento del alimento durante el procesado térmico, debido a que ayuda a la separación de las células en los cotiledones de las leguminosas. Esta característica también se aplica para mantener la textura suave de productos elaborados con harinas de mezclas cereal-leguminosa como por ejemplo pastas y galletas. Por otra parte, la funcionabilidad de las proteínas puede tener un papel relevante a la hora de mantener la humedad de los alimentos, así como en productos de panadería (Aguilera, 2009). Una CAA alta es deseable en alimentos como natillas y masa de repostería, por su capacidad de embeber agua sin disolver las proteínas (Seena y Sridhar, 2005). Además, esta propiedad influye en la textura de los productos cárnicos confiriendo consistencia, viscosidad y mayores propiedades de adhesión, por lo que las harinas de leguminosas podrían ser utilizadas también en la formulación de este tipo de productos, como salchichas o análogos de carne (Granito *et al.*, 2007).

La densidad aparente (DA) y capacidad de formación de espuma (CFE) de las cuatro harinas de semillas de leguminosas evaluadas se muestran en el cuadro 2.

Las DA obtenidas estuvieron en un rango de 0,626-0,631 g.mL⁻¹, no presentando diferencias significativas ($P \geq 0,05$). Estos valores fueron similares a los reportados por Ghavidel y Prakash (2006) en frijol (0,652 g.mL⁻¹), Akaerue y Onwuka (2010) en frijol chino (0,65-0,96 g.mL⁻¹) y Fasoyiro *et al.*, 2010 en quinchoncho (0,5012-0,623 g.mL⁻¹). Otros investigadores como Kaushal *et al.* (2012) y Chinma *et al.* (2008) detec-

The obtained AD ranged from 0.626-0.631 g.mL⁻¹, without significant differences ($P \geq 0.05$). These values were similar to the ones reported by Ghavidel and Prakash (2006) in bean (0.652 g.mL⁻¹), Akaerue and Onwuka (2010) in mung bean (0.65 g.mL⁻¹-0.96 g.mL⁻¹) and Fasoyiro *et al.* (2010) in pigeon bean (0.5012-0.623 g.mL⁻¹). Other researchers like Kaushal *et al.* (2012) and Chinma *et al.* (2008) detected inferior values of AD for pigeon bean (0.48 g.mL⁻¹) and bean (0.29-0.33 g.mL⁻¹), respectively. The apparent density is the technological property that relates the mass with the volume occupied by the flour, including the volume of the particles and the spaces available in between (Aguilera, 2009). The apparent density of legume flours has an important role in the formula of children food (Mallehi *et al.*, 1989; Milán-Carrillo *et al.*, 2000) and it is expected that the functional flours with less values of apparent density be more adequate for these types of formulas. The main repercussion that this property has in the legume flour was reflected in the transportation, because the flours with a higher apparent density will show less volume, which may suppose an improvement in the use and handle (Dzudie and Hardy, 1996).

The FC of the four legume flours analyzed showed significant differences in between ($P \leq 0.05$); however, mung bean, white bean and cowpea resulted to be similar in between, being their average values significantly higher to the pigeon bean flour (table 2). Cowpea and the mung bean presented average values of FC that surpassed in almost

Cuadro 2. Densidad aparente (DA) y capacidad de formación de espuma (CFE) de cuatro harinas de semillas de leguminosas comestibles.

Table 2. Apparent density (AD) and foam capacity (FC) of four flours of edible legumes.

Muestra	DA (g.mL ⁻¹)	CFE (%)
Frijol Chino	0,631 ^a	48 ^a
Frijol Blanco	0,632 ^a	61 ^a
Frijol Ojo Negro	0,627 ^a	45 ^{ab}
Quinchoncho	0,626 ^a	25 ^b

Letras similares en una misma columna no presentaron diferencias significativas (P<0,05).

taron valores inferiores de DA para quinchoncho (0,48 g.mL⁻¹) y frijol (0,29-0,33 g.mL⁻¹), respectivamente. La densidad aparente es la propiedad tecnofuncional que relaciona la masa con el volumen ocupado por la harina, incluyendo el volumen de las partículas y los espacios disponibles entre las mismas (Aguilera, 2009). La densidad aparente de las harinas de leguminosas juega un papel importante en la formulación de alimentos infantiles (Malleshi *et al.*, 1989; Milán-Carrillo *et al.*, 2000) y cabe esperar que las harinas funcionales con menores valores de densidad aparente sean más adecuadas para este tipo de formulaciones. La principal repercusión que esta propiedad presenta en las harinas leguminosas se refleja en el transporte de las mismas, puesto que las harinas que exhiban una mayor densidad aparente mostrarán un menor volumen, lo que sugirió una mejora en su uso y manejo (Dzudie y Hardy, 1996).

La CFE de las cuatro harinas de leguminosas analizadas mostraron diferencias significativas entre ellas (P≤0,05); sin embargo, el frijol chino,

50% to the one observed in pigeon bean flour which average value was 25%. The average value of FC obtained in mung bean (48%) was higher to the reported by Akaerue *et al.*, 2010 which value was 29.52%. In the case of cowpea, 45% of FC was similar to the one obtained by Abbey and Ibeh (1988). The FC obtained in white bean (61%) approximated to the mentioned by Granito *et al.* (2004) in white bean flour of the Orituco variety (59%). In the case of pigeon bean, the FC was of 25%, value that agrees to the reported by Okpala and Mamah (2001); however, Arawande and Borokini (2010) and Kaushal *et al.* (2012) obtained a slightly higher average of 35 and 33% of FC, respectively.

The FC makes reference to the capacity of the proteins to form stable layers surrounding the gas drops in the liquid phase (Rangel *et al.*, 2003). The proteins with a good capacity of forming foams should be soluble in aqueous phase, disseminate and concentrate in the air-water phase, partially extend to form cohesive layers around the gas bubbles and have

el frijol blanco y el ojo negro resultaron ser similares entre sí, siendo sus valores promedio significativamente superiores al de la harina de quinchoncho (cuadro 2). El frijol ojo negro y el frijol chino presentaron valores promedio de CFE que superaron casi en un 50% al observado en la harina de quinchoncho cuyo valor promedio fue de 25%. El valor promedio obtenido de CFE en frijol chino (48%) fue superior al reportado por Akaerue *et al.* (2010) cuyo valor fue de 29,52%. En el caso del frijol ojo negro el 45% de CFE fue similar al obtenido por Abbey e Ibeh, 1988. La CFE obtenida en frijol blanco (61%) se aproximó al señalado por Granito *et al.* (2004) en harinas de frijol blanco variedad Orituco (59%).

En el caso del quinchoncho la CFE fue de 25%, valor que coincidió al reportado por investigadores como Okpala y Mamah (2001); sin embargo, Arawande y Borokini (2010) y Kaushal *et al.* (2012) obtuvieron un promedio ligeramente superior de 35 y 33% de CFE, respectivamente.

La CFE hace referencia a la capacidad que tienen las proteínas de formar capas estables rodeando las gotitas de gas en una fase líquida (Rangel *et al.*, 2003). Las proteínas con una buena capacidad de formar espumas deberían ser solubles en la fase acuosa, difundir y concentrarse en la fase aire-agua, extenderse parcialmente para formar capas cohesivas alrededor de las burbujas de gas y poseer una viscosidad y fuerza mecánica suficiente para prevenir la ruptura y coalescencia de las gotas (Kinsella, 1979). Sin embargo, Diwakar *et al.* (1996), afirmaron que esta propiedad

viscosity and enough mechanic strength to prevent the rupture and coalescence of the drops (Kinsella, 1979). However, Diwakar *et al.* (1996), affirmed that this property only depends on the configuration of the protein molecules. The proteins facilitate the capacity to forming foams, while the globular molecules provide a low foaming capacity because there are not capable of reducing the superficial pressure of the air-water inter phase. The capacity of forming foam in the legume flours was a desirable characteristic for the production of some traditional food, such as baking products (Singh, 2001).

In figure 1 is presented the foam stability (FS) observed through four measures in the time (15, 30, 60 and 120 min), in the evaluated flours.

The initial stability of the mung bean flour was statistically higher to the other three measures, reducing until reaching 73.65% within 120 minutes. The white bean registered an average of FS of 91.92%, 2% below the mung bean, which presented a non-significant percentage reduction until 120 min, where the average value decreased until 77.04%. The FS values of cowpea did not present differences in between, varying from 91.10 to 81.48% at 15 and 120 min, respectively. Finally, the FS of the pigeon bean resulted to be the most uniform in the time, with values that oscillated from 88.98 and 85.71 % at 15 and 120 min, respectively, without significant differences in between.

The bean flours are characterized by having foaming properties and by generating stable foam (Enwere *et al.*, 1988). The reduction in the time of the

dependió exclusivamente de la configuración de las moléculas de proteína. Las proteínas facilitan una buena capacidad de formar espumas, mientras que las moléculas globulares proporcionan una baja capacidad espumante porque éstas no son capaces de reducir la tensión superficial de la interfase aire-agua. La capacidad de formar espumas en las harinas de leguminosas es una característica deseable para la producción de algunos alimentos tradicionales, tales como los productos de repostería (Singh, 2001).

En la figura 1 se presenta la variación de la estabilidad de la espuma (EES) observadas a través de cuatro mediciones en el tiempo (15, 30, 60 y 120 min), en las harinas evaluadas.

La estabilidad inicial de la harina de frijol chino fue superior estadísticamente al resto de las otras tres mediciones llegando a reducirse hasta alcanzar un 73,65% a los 120 minutos. El frijol blanco inicialmente

FS was observed by Granito *et al.* (2004) and Abbey and Ibeh (1998) in bean flours; these authors registered reductions at 120 min of 60-63% and 91.4%, respectively. Kaushal *et al.* (2012) suggest in the case of the foam stability of pigeon bean that the flour of this legume has a high stability in the time, agreeing with the results obtained in the current research; thus, the previously authors recommend its use for baking.

Conclusions

The flours evaluated presented OAC values similar to the reported in soy; thus, these might be used for elaborating food products, improving the taste and increasing the useful life of food with vegetal and animal origin, such as: meat, aroma preservation, baking products and soups.

The maximum values of WAC were obtained for white bean;

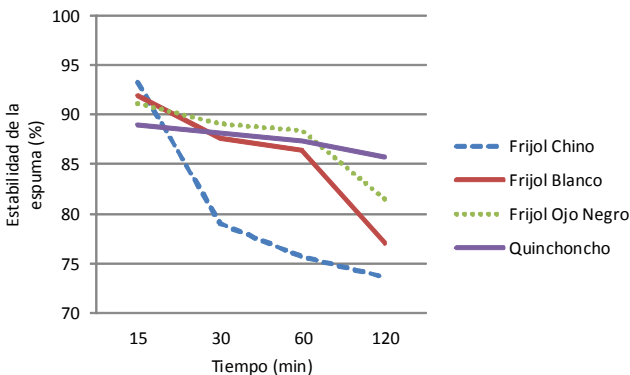


Figura 1. Porcentaje de estabilidad de la espuma (%EES) de cuatro harinas de semillas de leguminosas comestibles.

Figure 1. Foam stability percentage (%FS) of four flours of edible legumes.

registró un promedio de EES de 91,92%, un 2% por debajo del frijol chino presentando una disminución porcentual no significativa hasta los 120 min donde el valor promedio descendió hasta un 77,04%. Los valores de EES del frijol ojo negro no presentaron diferencias significativas entre sí, variando entre 91,10 y 81,48%, a los 15 y 120 min, respectivamente. Finalmente, la EES de la harina de quinchoncho resultó ser la más uniforme en el tiempo presentando valores que oscilaron entre 88,98 y 85,71%, a los 15 y 120 min, respectivamente, no detectándose diferencias significativas entre sí.

Las harinas de frijol se han caracterizado por tener buenas propiedades espumantes y por generar una espuma estable (Enwere *et al.*, 1988). La disminución a través del tiempo de la EE fue observada por Granito *et al.* (2004) y Abbey e Ibeh (1998) en harinas de frijol, registrando dichos autores disminuciones a los 120 min de 60-63% y 91,4% respectivamente. Kaushal *et al.* (2012) sugieren en el caso de la estabilidad de la espuma del quinchoncho que la harina de esta leguminosa tiene una alta estabilidad a través del tiempo, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación, por lo que los autores antes mencionados recomiendan su uso en repostería y confitería.

Conclusiones

Las harinas evaluadas presentaron valores de CAG similar a las reportadas en soya, por lo que las mismas podrían utilizarse para la elaboración, mejora de la palatabilidad e incremento de la vida media de productos alimenticios

meanwhile, the ones found in mung bean, cowpea and pigeon bean did not present differences in between. The WAC influenced in the texture of the meat products, providing them consistency, viscosity and higher adhesion properties; therefore, the evaluated flours might be also analyzed in the formulation of these types of products such as sausage or meat analogue.

The four evaluated flours presented a similar AD, meanwhile, these were different in FC until 25%, being this feature desirable for the production of baking products. The FS of cowpea flour was more uniform in the time; thus, its use is recommended for baking.

The functional properties of the legume flours evaluated are adequate to be used in the production, processing, preservation and preparation of food for the human consumption.

Acknowledgment

The authors want to thank the Scientific, Humanistic and Technological Board of the Universidad del Zulia (CONDES-CC-0031-11) by having financed this Project.

End of english version

de origen vegetal y animal tales como: cárnicos, conservación de aromas, productos de repostería y sopas.

Los máximos valores de CAA fueron obtenidos para frijol blanco; mien-

tras que los encontrados para frijol chino, frijol ojo negro y quinchoncho, no presentaron diferencias entre sí. La CAA influye en la textura de los productos cárnicos confiriendo consistencia, viscosidad y mayores propiedades de adhesión, por lo que las harinas evaluadas podrían ser utilizadas también en la formulación de este tipo de productos, como salchichas o análogos de carne.

Las cuatro harinas evaluadas presentaron una DA similar, mientras que resultaron ser diferentes en CFE hasta en un 25% siendo deseable esta característica para la producción de productos de repostería. La EES de la harina de quinchoncho resultó ser la más uniforme en el tiempo, por lo que se recomienda su uso en repostería y confitería.

Las propiedades funcionales de harinas de las especies de leguminosas evaluadas son adecuadas para utilizarlas en la producción, procesamiento, conservación y preparación de alimentos para el consumo humano.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad del Zulia (CONDES-CC-0031-11) por el financiamiento de este proyecto.

Literatura citada

Abbey, B.W. and G.O. Ibeh 1988. Functional properties of raw and heat processed cowpea (*Vigna unguiculata*, Walp.) flour. *Journal Food Science* 53(6):1775-1791.

- Adebowale, K.O. and S.O. Lawal. 2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. *Food Research International* 37:355-365.
- Aguilera Gutiérrez, Y. 2009. Harinas de leguminosas deshidratadas. Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecnológicas. Universidad Autónoma de Madrid. Tesis doctoral. 308 p.
- Akaerue, B. and G. Onwuka. 2010. The functional properties of the dehulled and undehulled mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) flours as influenced by processing treatments. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences* 2:1-28.
- Arawande, J.O. and F.B. Borokini. 2010. Comparative study on chemical composition and functional properties of three nigerian legumes (jack beans, pigeon pea and cowpea). *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences* 1(1):89-95.
- Bencini, M. 1986. Functional properties of drum-dried Chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours. *Journal Food Science* 51(6):1518-1521.
- Beuchat, L. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *Journal of J. Agric. Food Chem.* 25:258-263.
- Butt, M.S. and R. Batool. 2010. Nutritional and functional properties of some promising legumes protein isolates. *Pakistan Journal of Nutrition* 9(4):373-379.
- Chel-Guerrero, L., V.P. Red-Flores, D. Betancun-Ancona and G.D. Vila-Ortiz. 2002. Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 5:584-591.
- Chinma, C.E., I.C. Alemade and I.G. Emelife. 2008. Physicochemical and functional properties of some nigerian cowpea varieties. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(1):186-190.

- Díaz, M.F., C. Padilla, A. González, y C. Mora. 2000. Estudio comparativo de la producción de harinas de variedades de *Vigna unguiculata* para la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 34:369-378.
- Diwakar, P., A. Kushwah, H. Mand and S. Kushwah. 1996. Effect of processing on the functional properties of some local varieties of horse gram (*Dolichos biflorus* L.) in Madhya Pradesh. *Journal of Food Science Technology* 33:150-152.
- Dzudie, T. and J. Hardy. 1996. Physicochemical and functional properties of flours prepared from common beans and green mung beans. *J. Agric. Food Chem.* 44:3029-3032.
- Enwere, N.J., K.H. McWalters, and R.D. Phillips. 1988. Effect of processing on some properties of frijol seed, protein, starch, flour and akara. *International Journal of Food Science* 49:365-373.
- Fasoyiro, S.B., S.R. Akande, K.A. Arowora, O.O. Sodeko, P.O. Sulaiman, C.O. Olapade and C.E. Odiri. 2010. Physico-chemical and sensory properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flours. *African Journal of Food Science* 4(3):120-126.
- Ghavidel, R.A. and J. Prakash. 2006. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:1189-1195.
- Giami, S.Y. 1993. Effect of processing on the proximate composition and functional properties of cowpea *Vigna unguiculata* flour. *Food Chemistry* 47(2):153-158.
- Granito, M., Y. Brito and A. Torres. 2007. Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed *Phaseolus lunatus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:2801-2809.
- Granito, M., M. Guerra, A. Torres y J. Guinand. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. *Interciencia* 29(9):521-526.
- Hussain, M.A. and A.Y. Basahy. 1998. Nutrient composition and amino acid pattern of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown in the Gizan area of Saudi Arabia. *International Journal of Food Science and Nutrition* 49:117-125.
- Kaushal, P., V. Kumar and H.K. Sharma. 2012. Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT-Food Science Technology* 48:59-68.
- Kinsella, J.E. 1976. Functional properties of protein in foods, a survey. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 7:219-280.
- Kinsella, J. 1979. Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 56:242-258.
- Kuntz, I.D. 1971. Hydration of macromolecules. III. Hydration of polypeptides. *Journal of the American Chemical Society* 93: 514-515.
- Lawal, O.S. 2004. Functionality of african locust bean (*Parkia biglobosa*) protein isolate: effects of pH, ionic strength and various protein concentrations. *Food Chemistry* 86: 345-355.
- Leterme, P. and C. Muñoz. 2002. Factors influencing pulse consumption in Latin American. *BR. J. Nutr.* 88:251-254.
- Malleshi, N.G., M.A. Daodu and A. Chandrasekhar. 1989. Development of weaning food formulations based on malting and roller drying of sorghum and cowpea. *International Journal of Food Science and Technology* 24: 511-519.
- Milán-Carrillo, J., C. Reyes-Moreno, E. Armienta-Rodelo, A. CaráHbez-Trejo and R. Mora-Escobedo. 2000. Physicochemical and nutritional characteristics of extruded flours from fresh and hardened chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *LWT-Food Science Technology* 33:117-123.

- Miquilena E. y A. Higuera. 2012. Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. Revista Científica UDO Agrícola 12 (3):730-740.
- Mizubuti, I., O. Júnior, L. Oliveira, R. Da Silva and E. Iouko. 2000. Propriedades funcionais da farinha e concentrado proteico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 50:274-280.
- Mwangwela, A., R. Waniska and A. Minnaar. 2010. Effect of micronisation temperature (130 and 170°C) on functional properties of cowpea flour. Food Chemistry 104:650-657.
- Okpala, L.C. and E.N. Mamah. 2001. Functional properties of raw and processed pigeon pea flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition 52: 343-346.
- Oshodi, A. and M. Ekperigin. 1989. Functional properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. Food Chemistry 34 (3):187-191.
- Praderes, G., A. García y E. Pacheco. 2009. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. Rev. Fac. Agron. (UCV). 35(2):79-84.
- Preet, K. and D. Punia. 2000. Proximate composition, phytic acid, polyphenols and digestibility (*in vitro*) of flour from brown cowpea varieties. Int. J. Food. Sci. Nutr. 51:189-193.
- Prinyawiwatkul, W., L. Beuchat, K. McWatters and D. Philips. 1997. Functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour as affected by soaking, boiling, and fungal fermentation. J. Agric. Food Chem. 45:480-486.
- Rangel, A., G.B. Domont, C. Pedrosa and S.T. Ferreira. 2003. Functional properties of purified vicilins from cowpea (*Vigna unguiculata*) and pea (*Pisum sativum*), and cowpea protein isolate. J. Agric. Food Chem. 51:5792-5797.
- Sangronis, E., C. Machado and R. Cava. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas. Interciencia 29:80-85.
- Sathe, S., S. Desphande and D. Salunkhe. 1984. Dry beans of *Phaseolus*. A review Part. 1. Chemical composition: protein. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 20:1-46.
- Sathe, S.K. 2002. Dry bean protein functionality. Critical Reviews in Biotechnology 22: 175-223.
- Seenaa, S. and K.R. Sridhar. 2005. Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, Canavalia of the southwest coast of India. Research International 38: 803-814.
- Shuang-Kui, D., J. Hongxin, Y. Xiuzhu and J. Jay-Lin. 2014. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. LWT-Food Science and Technology 55:308-313.
- Singh, U. 2001. Functional properties of grain legume flours. Journal of Food Science and Technology 38:191-199.
- Sosulski, F.W. and A.R. McCurdy. 1987. Functionality of flours and protein fractions isolated from field peas and faba bean. Journal Food Science 52:1010-1014.