

Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos

Physicochemical characterization and functional properties of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) grain flour under different processing

Oscar GARCÍA ¹✉, Cateryna AIELLO MAZZARRI ², Miriam Coromoto PEÑA CHIRINO ³, Jorge Luis RUIZ RAMÍREZ ² e Iria del Carmen ACEVEDO PONS ¹

¹Decanato de Decanato de Agronomía. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Tarabana, estado Lara, Venezuela; ²Laboratorios de Tecnología de Alimentos y Fermentaciones Industriales. Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela y ³Programa de Seguridad Industrial, Universidad Politécnica Territorial de Lara Andrés Eloy Blanco (UPTAEB), Avenida Los Horcones con Avenida La Salle, Barquisimeto, estado Lara. E-mails: oscargarcia@ucla.edu.ve, caiello@fing.luz.edu.ve, miriamcpch@gmail.com, jorgeruizve@yahoo.com.ve, iacevedo@ucla.edu.ve ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 20/07/2011 Fin de primer arbitraje: 14/03/2012 Primera revisión recibida: 19/05/2012
Fin de segundo arbitraje: 09/07/2012 Segunda revisión recibida: 16/07/2012 Aceptado: 16/07/2012

RESUMEN

El quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) es una leguminosa de origen tropical que forma parte de la dieta alimenticia en muchas regiones en Venezuela y en Latinoamérica, donde se consume básicamente en forma de grano integral. Dado a su alto potencial nutricional es importante y necesario aumentar su consumo y diversificar su uso como ingrediente en el desarrollo de productos alimenticios, para lo cual es necesario conocer sus propiedades funcionales. En este trabajo se evaluó la composición físico-química y funcional (capacidad de absorción de agua y grasa, capacidad emulsificante, de hinchamiento, espumante y gelificante) en harinas obtenidas de granos de *Cajanus cajan* L. Millsp que se sometieron a tres procesos térmicos con o sin remojo: HCC1: remojo 12 horas, cocción a 98°C por 1,5 horas y secado a 120 °C por 3 horas; HCC2: lavado, escurrido y horneado a 150 °C por 5 min y HCC3: remojo por 12 horas, cocción a 98°C durante 2 horas y secados a 40 °C por 48 horas. En los análisis fisicoquímicos se observó diferencias significativas ($p < 0.05$) en humedad, cenizas y fibra y las propiedades funcionales aumentaron al aplicar remojo-cocción y secado a los granos. Los resultados obtenidos permiten recomendar la incorporación de harinas obtenidas de granos de *C. cajan* L Millsp (HCC1 y HCC3), para la elaboración de alimentos viscosos tales como sopas, salsas, masas y productos horneados, así como para productos emulsionados.

Palabras clave: harinas, quinchoncho, *Cajanus cajan*, propiedades funcionales, análisis proximal

ABSTRACT

Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) is a tropical legume that is part of the eating habits in many regions in Venezuela and Latin America, where it is mostly consumed as whole grain. Because of its high nutritional potential is important and necessary to increase their consumption and diversifying its use as an ingredient in food product development, for which it is necessary to understand the functional properties. This study evaluated the physico-chemical and functional composition (ability to absorb water and fat emulsifying capacity, swelling, foaming and gelling) of flours derived from grains of *C. cajan* L. Millsp who underwent three processes: HCC1: soak 12 hours, baking at 98 °C for 1.5 hours and drying at 120 °C for 3 hours; HCC2: washed, drained and baked at 150 °C for 5 and HCC3: soak for 12 hours baking at 98 °C for 2 hours and dried at 40 °C for 48 hours. In physicochemical analysis showed significant differences ($p < 0.05$) in moisture, ash and fiber and functional properties increased by applying drying-cooking and soak of the flour. The results obtained allow recommending the incorporation of grain flours obtained from *C. cajan* L Millsp (HCC1 and HCC3) for the development of viscous foods such as soups, sauces, dough and baked products and emulsified products.

Key words: flour, Pigeon pea, *Cajanus cajan*, functional properties, proximate analysis

INTRODUCCIÓN

Existen diversos grupos de alimentos básicos que forman parte de la dieta humana, entre los que se

encuentran las leguminosas, las cuales son de gran interés por su valor nutritivo, como fuente de proteínas, carbohidratos, fibra, minerales, vitaminas hidrosolubles y compuestos fenólicos. El

quinchoncho, conocido científicamente como *Cajanus cajan* (L.) Millsp, es una fuente importante de proteína (18-32%) que contiene los nueve aminoácidos esenciales: fenilamina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina (Bressani *et al.*, 1986). También, presenta bajo contenido de grasa, así como fibra y cantidades de calcio y vitaminas hidrosolubles superiores a las de otros granos, y además puede impartir características funcionales deseables en sistemas de alimentos (Sánchez y Aponte, 2004).

Al igual que el resto de las leguminosas, *C. cajan* (L) Millsp contiene factores antinutricionales que afectan la digestibilidad y los atributos nutricionales, sin embargo, la proporción de estos es menor que en la soya y desaparecen significativamente al someterse a tratamientos tecnológicos, especialmente térmicos (Granito *et al.* 2009).

Las harinas de quinchoncho (*C. cajan* L.), frijol (*Vigna unguiculata*) y frijol chino (*Vigna radiata*) deben ser evaluadas como posible soluciones para disminuir la importación de soya y además reducir la constante alza de los costos de producción de los alimentos balanceados para animales, incentivando su uso como ingrediente en la preparación de mezclas de proteínas vegetales, por ejemplo, de maíz y quinchoncho, con miras a mejorar el valor nutritivo de las mismas (Miquilena e Higuera Moros, 2007).

De esta manera, surge la idea de utilizar las leguminosas en forma de harina como una alternativa de ingrediente funcional. En la actualidad, la industria alimentaria ha mostrado un creciente interés por estas harinas, debido a las excelentes propiedades funcionales como son: capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, emulsificación, espumado y gelificación. Estas propiedades constituyen la base funcional de diversos productos principalmente de bajo contenido proteico, y alto contenido de grasa. Adicionalmente, las leguminosas son fuentes de compuestos beneficiosos que tienen un efecto protector en el desarrollo de diversas enfermedades (Güemes Vera, 2007).

En cuanto a las propiedades funcionales de harinas de leguminosas, Torres *et al.*, (2003) reportaron que la remoción del tegumento en la obtención de harina de quinchoncho causa una disminución en la capacidad emulsificante, así como

en la capacidad de absorción de agua y de grasas, aunque origina un incremento en la capacidad espumante. Por otro lado, Granito *et al.*, (2004) determinaron que el procesamiento hidrotérmico y la fermentación natural afectan las propiedades funcionales en las harinas de frijol, obteniéndose un incremento en la capacidad de absorción de agua y aceite, pero con una disminución en la capacidad y estabilidad espumante. Estos resultados indican que estas harinas pueden ser empleadas en formulaciones de alimentos viscosos, tales como sopas, salsas, masas y productos horneados, donde se requiera una buena interacción proteína agua y una menor capacidad espumante (Praderes *et al.*, 2009).

Dada la importancia de las harinas de *C. cajan* (L) Millsp., como fuente proteica-energética de origen autóctono, que forma parte de hábitos alimenticios, se busca determinar el efecto de diferentes procesamientos de remojo, cocción y secado del grano, para la obtención de harinas, sobre las características físicas, químicas y funcionales. Estos factores son de gran importancia ya que afectan la calidad del procesado de las leguminosas, su valor nutritivo y la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se utilizaron granos de quinchoncho, *C. cajan* (L) Millsp., con un contenido de humedad de 13%, sanos, enteros, limpios, libres de plagas y enfermedades, los cuales fueron adquiridos en el Mercado de Mayoristas (MERCABAR) de la ciudad de Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. La muestra se tomó en forma aleatoria y correspondió a tres lotes de tres kilos cada uno, que conformó una muestra total de nueve kilos (COVENIN, 1981). Los granos se procesaron en el Laboratorio de Tecnología II (Industrias Cárnicas y Lácteos), del Decanato de Agronomía, Programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado (UCLA).

Procesamiento de los granos

Los granos fueron procesados de diferentes maneras, HCC1 (remojo-cocción x 1,5 h-secado a 120 °C), HCC2 (remojo- horneado) y HCC3 (remojo-cocción x 2 h-secado a 40°C), con el fin de evaluar su efecto sobre la composición físico-química y

propiedades funcionales de la harina. Se estableció un diseño experimental al azar para los tratamientos de las muestras con seis repeticiones, por cada procesamiento se utilizaron 500 g de granos de quinchoncho.

HCC1: Los granos se colocaron en agua destilada (1: 2 p/v) eliminando todos aquellos que flotaron para evitar posibles problemas de contaminación. Se colocaron en remojo durante 12 horas, Luego, se cocieron a 98 °C durante 1,5 horas, se secaron en una estufa termostática a 120 °C por 3 horas, posteriormente fueron molidos en un equipo manual de leguminosas y cereales marca Corona y pasado por un tamiz de 10 mesh (Serdaroglu *et al.*, 2005).

HCC2: Los granos, previamente lavados con agua destilada y escurridos, se secaron en un horno marca Didacta modelo TA54D a 150 °C durante 5 min y se dejaron enfriar hasta la temperatura ambiente del laboratorio, (25 °C aproximadamente). Luego, fueron molidos y tamizados en forma similar a la descrita anteriormente en el párrafo anterior (Modi *et al.*, 2003, Granito y Ascanio, 2009).

HCC3: Los granos de *C. cajan* (L) Millsp fueron colocados en agua destilada retirando los flotantes para prevenir contaminación. Se dejaron en remojo durante 12 horas, drenado y lavado. Luego, se cocieron a presión atmosférica en agua destilada (1:12 p/v) por 2 horas a 98°C, posteriormente fueron secados en un horno con convección de aire (Globe, Modelo DOD-A053) a 40 °C durante 48 horas. Después fueron molidos y tamizados en forma similar a los procesos anteriores (Granito *et al.*, 2009).

Finalmente las muestras de harina obtenidas por los tres procedimientos, fueron colocadas en bolsas plásticas con cierre hermético, debidamente etiquetadas y se almacenaron bajo congelación hasta el momento de su análisis para evitar oxidaciones.

Rendimiento del procesamiento

Para cada tipo de procesamiento se calculó el rendimiento, expresado como la cantidad de harina obtenida en función de la cantidad de granos utilizados, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento de harina (\%)} = \frac{\text{Peso de la harina}}{\text{Peso de grano con cáscara}} \times 100$$

Caracterización físico-química

Las características físico-química se determinaron a muestras de harina obtenidas según los diferentes procesos HCC1, HCC2 y HCC3, determinando el contenido de humedad por secado a 110°C durante 24 horas, cenizas por combustión a 450°C durante 12 horas, proteína (N x 6,25) por el método de Macro Kjeldahl, grasa, almidón y fibra cruda, según metodologías descritas en la A.O.A.C. (2000). El pH se determinó en una suspensión de harina en agua, (10 g de harina: 40 ml de agua desionizada a 100°C), utilizando un pH-metro como instrumento de medida (AOAC, 1990).

Capacidad de absorción de agua (CAA)

Se determinó según método descrito por Beuchat (1977) a temperatura ambiente (25°C), utilizando 2 g de muestra en 20 mL de agua destilada, ajustando el pH a 7 y agitando en un Vortex. Luego centrifugado a 3000g por 30 min y los resultados fueron expresados como gramos de agua retenida por gramo de muestra.

Capacidad de absorción de grasa (CAG)

Se determinó según lo indicado por Beuchat (1977) a temperatura ambiente (25°C). Se colocaron 2 g de muestra en tubos de centrifuga de 50 mL, luego se añadió 20 mL de aceite de maíz y el conjunto se agitó en un Vortex durante 1min. Por último se centrifugó a 3000 rpm por 30 min, expresando los resultados como gramos de aceite retenidos por gramo de muestra.

Capacidad emulsificante

Se determinó según Yasumatsu *et al.*, (1992), para lo cual se mezcló 1 g de muestra con 20 mL de agua destilada, agitando durante 15 min. Se ajustó el pH a 7 y se llevó el volumen hasta 25 mL con agua destilada. Luego se mezclaron partes iguales (25 mL) de esta solución con aceite de maíz en una licuadora (Oster, modelo 465) por 5 min y centrifugado a 1300 rpm. La emulsión fue expresada en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

Capacidad gelificante

Se determinó según lo indicado por Chau y Cheung (1997) preparando suspensiones de la

muestra en agua destilada al 4, 8, 12, 13, 14, 16, 18 y 20% (p/v). Los tubos se colocaron en un baño de agua a 100°C durante 1 hora y luego en un baño de hielo durante 1 hora.

Capacidad hinchamiento

Se determinó según Robertson *et al.*, (2000) y Aguilera (2009). Se pesaron 100 mg de muestra en un cilindro graduado, se agregó agua destilada hasta 10 mL, agitando suavemente para dispersar la muestra. Luego se dejó en reposo durante 16 horas para lograr su hidratación, midiendo el volumen final que ocupa la muestra. Los resultados se expresan en mL/g de muestra.

Capacidad espumante

Se determinó de acuerdo a lo indicado por Bencini (1986), mezclando 2 g de muestra y 100 ml de agua destilada en una licuadora (Osterizer Blender, Modelo 465-41) a 4000 rpm velocidad durante 3 min. La espuma resultante se transfirió a un cilindro graduado de 100 mL para medir el volumen de espuma inicial y final luego de 30 segundos. La capacidad espumante se expresó como el porcentaje de aumento en volumen. La estabilidad de la espuma se midió a intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60, y 120 min.

Análisis estadísticos

Los resultados obtenidos se procesaron utilizando el paquete estadístico SAS v.6.0 (Cary, NC). Se calcularon la media y la desviación estándar y se aplicó análisis de varianza (ANOVA). Los promedios correspondientes se compararon mediante la prueba t de Tukey-Kramer, con nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento del procesamiento

En el Cuadro 1 se muestran los valores calculados de rendimiento del procesamiento de las harinas en función de los gramos de granos procesados. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el rendimiento de los procesos HCC1, HCC2 y HCC3 a los cuales fueron sometidos los granos de *C. Cajan* (L.) Millsp. Esto indica que cualquiera de los tres procesamientos utilizados resulta adecuado en función de la cantidad de harina obtenida por cantidad de granos.

Caracterización físico-química

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la caracterización físico-química de las harinas de *C. cajan* (L.) Millsp obtenidas a partir de los granos procesados HCC1, HCC2 y HCC3. El valor de pH (7,3) fue el mismo para las tres harinas, siendo cercano al valor de pH 6,7 reportado Praderes *et al.*, (2009) en harinas de *C. cajan* obtenida de granos fermentados y por Aguilera (2009) en harinas de otras leguminosas como garbanzo, lenteja y judías, cuyos valores promedios oscilaron entre 7,05 y 7,25. La valoración del pH en la harina de leguminosa es necesaria e importante para evaluar el efecto sobre algunas propiedades funcionales, ya que indica la concentración de iones hidronio presentes en la solución (agua - harina de leguminosa).

El contenido de humedad de las harinas obtenidas mediante el procesamiento de los granos de *C. Cajan* (L.) Millsp HCC1, HCC2 y HCC3 fue de 8,13; 9,38 y 9,46%, respectivamente, encontrando que existen diferencias significativas ($p > 0,05$). Estos valores se encuentran por encima del contenido de humedad de la harina de quinchoncho obtenida a partir de granos fermentados y cuya humedad fue (4,9 %) según lo reportado por Praderes *et al.*, (2009), aunque se encuentran cercanos a los obtenidos por Aguilera (2009) para harinas de granos de judía pinta deshidratados (7,8%), y por Granito *et al.*, (2004), para harina de fríjol (*Vigna sinensis*) variedades Orituco cocido, Orituco fermentado y Tuy cocido, con 8,54; 8,69 y 9,98 %, los valores de harina para su conservación debe ser menor de 13%, para evitar

Cuadro 1. Rendimiento de harina de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos.

Tipo de procesamiento del grano †	Rendimiento de harina (%) ‡
HCC1	85,04 ± 0,45 ^a
HCC2	82,75 ± 3,50 ^a
HCC3	84,79 ± 0,89 ^a

† HCC1: remojo 12 horas, cocción a 98°C por 1,5 horas y secado a 120 °C por 3 horas; HCC2: lavado, escurrido y horneado a 150 °C por 5 min y HCC3: remojo por 12 horas, cocción a 98°C durante 2 horas y secados a 40 °C por 48 horas.

Nota: Los resultados se expresan como la media de seis determinaciones ± desviación estándar;

‡ Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba t de Tukey-Kramer ($p < 0,05$).

daños de microorganismos además que confiere alta estabilidad de los componentes nutricionales como son la proteína, grasa y fibra en el alimento. En los granos sometidos a secados de 40 °C y 150 °C independiente del tiempo no hubo diferencias en el porcentaje de humedad $p > 0.05$. Igual comportamiento se observa con el contenido de materia seca, que representa el contenido de sólidos totales en las muestras de harina analizadas, cuyos valores son HCC1 (91,87), HCC2 (90,62) y HCC3 (90,54 %), muy cercanos al 89,06 % reportado por Miquilena e Higuera-Moro (2007) para harinas de granos crudos de quinchoncho que es adecuado para la vida útil del producto. La diferencia puede deberse a la eficiencia de los dos equipos de secado o la diferencia de humedades relativas del ambiente cuando fueron elaborados, el espesor del grano extendido y el tiempo de secado entre otras.

El mayor contenido de cenizas, 3,96 %, se encontró para la harina obtenida de granos procesados mediante HCC2 (granos horneados a temperaturas altas por breve tiempo), presentando diferencias significativas $p > 0.05$ con los procesamientos HCC1 y HCC3 con valores de 2,89 y 2,91%, respectivamente, en los cuales los granos fueron remojados, cocidos y secados a diferentes temperaturas, posiblemente durante el remojo se liberan minerales y sustancias que están unidas a las leguminosas. Estos resultados se corresponden con el contenido de ceniza (2,9 %) reportado por Praderes *et al.*, (2009) para harinas obtenidas de granos de quinchoncho procesados a condiciones similares a harinas remojadas y cocidas y a lo reportado (3.21%) por Kaur *et al.*, (2007) para

harinas de granos de *C. cajan* L., sometidos a un proceso de desgrasado y cocción por convección a 40°C. Granito *et al.*, (2009) caracterizaron 4 variedades de harinas de *Phaseolus vulgaris* obtenidas a partir de granos crudos y procesados, encontrando contenidos de cenizas más elevados para las muestras de harina provenientes de granos crudos. Miquilena e Higuera-Moro (2007) reportaron 4,93 % de cenizas en harinas de granos crudos de quinchoncho y en harinas obtenidas a partir de un puré del grano que luego es sometido a secado. De igual manera Aguilera (2009) encontró que el contenido de cenizas oscilaba entre 3,3 y 5,2 % en harinas de granos de crudos de varias leguminosas, indicando disminución en los valores producto de los procesos de remojo, cocción y deshidratación.

Los procesamientos, HCC1, HCC2 y HCC3, de los granos no tuvieron efecto sobre el contenido de grasa en las harinas obtenidas, no existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$), obteniéndose valores entre 1,03 y 1,13%. Miquilena e Higuera-Moro (2007) reportaron un contenido de grasa de 1,18 % en harina de granos crudos de *C. Cajan* (L.), mientras que Kaur *et al.*, (2007) reportaron un contenido de grasa promedio de 0,98% para la harina de granos de *C. cajan* (L.) sometidos a un proceso de desgrasado, seguido de cocción a 40°C. Aguilera (2009) encontró que el contenido de grasa de harinas de granos de Judía Cannellini resultó entre 1,5 % y 1,9 % y Granito *et al.*, (2004) reportaron valores entre 1,41 y 3,24 % para harinas de diferentes variedades de frijol.

Cuadro 2. Composición proximal y físico-química de harina de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos.

Composición proximal y físico-químicas	Tipo de procesamiento del grano †		
	HCC1	HCC2	HCC3
pH	7,30 ± 0,00 ^a ‡	7,30 ± 0,00 ^a	7,30 ± 0,00 ^a
Humedad (%)	8,13 ± 2,43 ^a	9,38 ± 0,41 ^b	9,46 ± 0,11 ^c
Materia Seca (%)	91,87 ± 2,43 ^a	90,62 ± 0,41 ^b	90,54 ± 0,11 ^c
Proteína cruda (%)	19,93 ± 0,45 ^a	19,88 ± 0,27 ^a	19,94 ± 0,22 ^a
Grasa cruda (%)	1,06 ± 0,17 ^a	1,13 ± 0,23 ^a	1,03 ± 0,31 ^a
Cenizas (%)	2,89 ± 0,250 ^a	3,97 ± 0,13 ^b	2,91 ± 0,21 ^a
Fibra Cruda (%)	8,68 ± 0,43 ^b	7,14 ± 0,35 ^a	9,15 ± 0,37 ^b
Almidón (%)	33,06 ± 1,00 ^a	32,64 ± 2,25 ^a	34,10 ± 3,03 ^a

† HCC1: remojo 12 horas, cocción a 98°C por 1,5 horas y secado a 120 °C por 3 horas; HCC2: lavado, escurrido y horneado a 150 °C por 5 min y HCC3: remojo por 12 horas, cocción a 98°C durante 2 horas y secados a 40 °C por 48 horas
Nota: Los análisis están expresados en base seca. Todos los valores corresponden a promedios de seis mediciones ± desviación estándar

‡ Promedios dentro de una misma fila con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba t de Tukey-Kramer ($p < 0,05$).

De igual manera, los procesamientos de los granos, HCC1, HCC2 y HCC3, no modificaron significativamente ($p < 0.05$) el contenido de proteína de las harinas. En promedio, el contenido de proteína de la harina de *C. Cajan* (L.) Millsp fue de 19,92% indicando que esta leguminosa es una importante fuente de proteína vegetal. Este valor se encuentra dentro del rango de 15 -28 % reportado por Sánchez y Aponte (2004) para el contenido de proteínas en los granos de quinchoncho y son cercanos a los resultados obtenidos por Oloyo (2002) de 21,9 % de proteína para harinas de semillas germinadas de *C. cajan* L. y por Sangronis *et al.*, (2004) de 21.7 y 22, 8% de proteína para harinas obtenidas de granos de *C. cajan* crudos y germinados, respectivamente.

La harina obtenida de los granos de *C. cajan* (L.) Millsp horneados a 150°C durante 5 minutos, HCC2, presenta el menor contenido de fibra cruda (7,14 %), siendo estadísticamente diferente ($p < 0.05$) al obtenido para los granos sometidos a remojo y cocción, HCC1 (8,68%) y HCC3 (9,15 %). Estos resultados indican que las etapas de remojo y cocción en el procesamiento del grano influyen sobre el contenido de fibra cruda de la harina, causando un incremento promedio de 25%, lo cual coincide con los resultados de Oloyo (2002), quien reportó que el contenido de fibra cruda aumentó progresivamente con el tiempo de fermentación del grano de quinchoncho desde 8,30 hasta 9,46%. Aguilera (2009) reportó que el procesamiento de la leguminosa trae algunos cambios en el comportamiento de la fracción de fibra cruda, producto del remojo y de la deshidratación. Esto puede deberse a un efecto del proceso de concentración de los componentes, lo cual como consecuencia que se alteren las propiedades funcionales de las harinas de frijol (Granito *et al.*,

2003). Por otro parte el contenido de fibra es indicativo del grado de extracción de la harina, un menor contenido de fibra indica mayor pureza de la harina.

Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de almidón de las harinas obtenidas de granos de *C. cajan* (L.) Millsp sometidos a los tres procesamientos, HCC1 (33,06%), HCC2 (32,04%) y HCC3 (34,10 %), siendo estos valores muy similares a los reportados por Praderes *et al.* (2009) de 34,00% y al encontrado por León (1993) de 30% en harinas de granos de quinchoncho. Sin embargo, son menores a los reportados por Vargas *et al.* (2006) para harina de granos enteros y crudos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de 40-44%. Algunos autores indican que el contenido de almidón aumenta en las diferentes etapas del procesado de las leguminosas (remojo, cocción y secado), causando un aumento en la digestibilidad debido a la gelatinización de los gránulos de almidón, así como la reducción del contenido de factores antinutricionales de la semilla, mejorando la digestibilidad de otros componentes después del procesado térmico (Negi *et al.*, 2001; Martín-Cabrejas *et al.*, 2004).

Propiedades funcionales

En el Cuadro 3 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de las propiedades funcionales (capacidad de absorción agua, capacidad de absorción de grasa, capacidad emulsionante, capacidad humectante y capacidad espesante) de las harinas obtenidas de granos de *Cajanus cajan* L. Millsp sometidos a tres diferentes procesamientos, HCC1, HCC2 y HCC3.

Cuadro 3. Propiedades funcionales de harina de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos.

Propiedades funcionales	Tipo de procesamiento del grano †		
	HCC1	HCC2	HCC3
Capacidad de absorción de agua (g agua/g muestra)	3,72 ± 0,12 ^{a ‡}	2,70 ± 0,18 ^b	3,85 ± 0,11 ^a
Capacidad de absorción de grasa (g aceite/g muestra)	2,04 ± 0,12 ^b	1,81 ± 0,08 ^a	2,04 ± 0,06 ^b
Capacidad emulsificante (%)	43,78 ± 2,55 ^b	37,08 ± 2,12 ^a	44,82 ± 2,88 ^b
Capacidad de hinchamiento (%)	7,50 ± 0,44 ^b	5,57 ± 0,80 ^a	8,63 ± 1,02 ^b
Capacidad espumante (%)	23,33 ± 2,25 ^b	7,33 ± 0,52 ^a	24,67 ± 1,86 ^b

† HCC1: remojo 12 horas, cocción a 98°C por 1,5 horas y secado a 120 °C por 3 horas; HCC2: lavado, escurrido y horneado a 150 °C por 5 min y HCC3: remojo por 12 horas, cocción a 98°C durante 2 horas y secados a 40 °C por 48 horas
Nota: Los análisis están expresados en base seca. Todos los valores corresponden a promedios de seis mediciones ± desviación estándar. Densidad del aceite = 0,9g/mL

‡ Promedios dentro de una misma fila con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba t de Tukey-Kramer ($p < 0,05$).

La capacidad de absorción de agua incrementó producto de las etapas de remojo, cocción y secado del grano (HCC1 y HCC3), en aproximadamente un 55% comparado a HCC2. Este resultado coincide con los reportados por Granito *et al.*, (2004) para harinas obtenidas de granos de *Vigna sinensis*, variedades Orituco y Tuy, en las cuales el proceso de cocción-fermentación causó incrementos en la capacidad de absorción de agua de 50 y 56%, respectivamente. Enwere *et al.* (1998) encontraron que la fermentación y cocción de granos de *V. sinensis* variedades Orituco y Tuy, duplicaron la capacidad de absorción de agua respecto a las harinas crudas. Esta propiedad se relaciona con la habilidad de las proteínas para hidratarse (Ogunwolu *et al.*, 2009), y es importante en sistema alimentarios debido a sus efectos sobre el sabor y textura de los alimentos (Yu *et al.*, 2007). Los almidones también tienen la capacidad de absorber agua, hincharse, retener agua y grasas.

Similarmente, la capacidad de hinchamiento de la harina obtenida de granos de *C. cajan* (L.) Millsp, procesados por remojo, cocción y secado (HCC1 y HCC3) incrementó significativamente ($p < 0.05$) en un 46.18% en relación con la harina obtenida de granos lavados, escurridos y horneados por 5 min a 150°C (HCC2). La capacidad de hinchamiento estaría directamente relacionada con la capacidad de absorción de agua y es una propiedad funcional de las proteínas, fundamental para la preparación de alimentos viscosos tales como sopas, salsas, masas y de productos horneados, donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Praderes *et al.*, 2009).

La capacidad de absorción de grasa de la harina aumentó en 12,24 %, cuando los granos fueron sometidos a remojo, cocción y secado (HCC1 y HCC3) con respecto a la harina de granos lavados, escurridos y horneados (HCC2), no observándose diferencias significativas ($p > 0.05$) producto de los tiempos de cocción y secado. La capacidad de absorción de grasa está relacionada con el número de cadenas laterales no-polares de las proteínas, las cuales se enlazan con las cadenas hidrocarbonadas de grasa (Sgarbieri, 1998). Por otro lado, la combinación de procesos, remojo, cocción y secado, pareciera originar alteraciones estructurales de la proteína que favorecen la retención física de la grasa, lo cual parece ser producto del atrapamiento físico de las grasas por parte de las proteínas, a través de la formación de micelas (Granito *et al.*, 2004). La capacidad de absorción de grasa está determinada por la estructura de la matriz proteica y la disposición de

los aminoácidos, lo cual a su vez determina las interacciones hidrofóbicas proteína-grasa, por el tipo de grasa y por la presencia de almidones (Kinsella, 1979).

La capacidad de absorción de aceite, obtenido para la harina de granos de quinchoncho procesada, HCC2 (1,81 %) y para HCC1 y HCC3 (2,04 %) es similar a la obtenida por Sangronis *et al.*, (2004) para harinas de granos de *C. cajan* crudos (2,2 %) y fermentados (2,4 %). Esta propiedad es muy importante para la formulación de productos de panadería, productos cárnicos y sustitutos de carne, sopas y alimentos para freír ya que se relaciona con la capacidad de retención de los sabores y con la suavidad que adquiere el producto (El-Adawy *et al.*, 2001) Así mismo, disminuye el desarrollo de la rancidez oxidativa y en consecuencia aumenta la estabilidad durante el almacenamiento (Sathe, 2002).

El procesamiento de los granos de *C. cajan* (L.) Millsp, combinando el remojo, la cocción y secado (HCC1 y HCC3) incrementó significativamente ($p < 0.05$) la capacidad emulsificante de las harinas obtenidas en un 19,4%, con respecto a la harina obtenida de granos horneados (HCC2). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sangronis *et al.*, (2004) para harina de granos crudos y germinados de *C. Cajan* y *P vulgaris*, cuya capacidad emulsificante se incrementó por efecto de la germinación. Granito *et al.*, (2004) reportaron que la capacidad emulsificante de harinas de granos crudos de frijol Tuy fue similar a la obtenida para harinas de granos fermentados y fermentados y cocidos, no observando formación de emulsión en la harina de granos solamente cocidos.

La capacidad espumante de las harinas obtenidas de granos sometidas a remojo, cocción y secado (HCC1 y HCC3) es 3,3 veces mayor ($p < 0,05$) que la capacidad espumante de la harina de granos horneados a altas temperaturas por breve tiempo (HCC2). Sangronis *et al.*, (2004) encontró que la capacidad espumante de la harina de *C. cajan* (L) incrementó en 109 %, 155 % y 63.5% producto de la germinación de los granos a pH 3, 6 y 8, respectivamente. Enwere *et al.*, (1998) indican que las harinas de frijol se caracterizan por tener buenas propiedades espumantes y por generar una espuma estable. Sin embargo, procesamientos que incluyen tratamientos térmicos parece afectarlas en forma negativa, disminuyendo tanto la capacidad de formación de espuma, como su estabilidad (Granito *et al.*, 2004).

Las propiedades físicas y conformación de las proteínas, así como su composición de aminoácidos, determinan su funcionalidad dentro de un sistema. La conformación nativa de las proteínas globulares presentes en los granos, los aminoácidos polares estén expuestos hacia la fase acuosa, favorece la solubilidad, emulsificación y propiedades espumantes (Kinsella, 1979). La cantidad de carbohidratos, la gelatinización del almidón y el hinchamiento de la fibra favorecen la absorción de agua durante la cocción. Además, la fermentación, que ocurre durante la etapa de remojo, pareciera sumar un efecto adicional, que ayuda a preservar las propiedades del grano del efecto de los tratamientos térmicos posteriores, lo cual requerirá de un mayor estudio a futuro. La habilidad de la proteína para ayudar en la formación y estabilización de la emulsiones, así como en el hinchamiento de la fibra, es particularmente importante en la elaboración de productos batidos y salsas emulsionadas como la mayonesa, postres congelados y embutidos.

En el Cuadro 4 se presentan las concentraciones a las cuales se observó la formación del gel en suspensiones preparadas con harina de granos de *C. cajan* sometidos a diferentes procesamientos. La concentración mínima a la cual se formó el gel, para las harinas que se sometieron al procesamiento combinado remojo-cocido-secado (HCC1 y HCC3), fue del 10%, mientras en la harina de granos horneados a 150°C por 5 minutos (HCC2) fue de 12%. Sangronis *et al.*, (2004) reportaron que la concentración mínima para la formación de gel en harinas de granos crudos de *C. cajan* fue de 16%, mientras que para la harina de granos germinados fue de 8%, pero el gel formado fue débil. Es de hacer notar que los geles formados fueron firmes en un comienzo, pero al cabo de unas horas se presentó sinéresis. Aparentemente, fracciones de cascara de la semilla pueden interferir en la formación de esa red continua de moléculas que forman el gel (Sathe *et al.*, 1982). Asimismo, la concentración proteica

(presencia de proteínas globulares) determina la formación y firmeza del gel (Granito *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El procesamiento de los granos de *Cajanus cajan* (L) Millsp mediante remojo, cocción y secado, afectan las propiedades funcionales de harinas obtenidas, incrementando la capacidad para absorber agua y grasa, la capacidad emulsificante, de hinchamiento, espumante y gelificante.

En general se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre la humedad, cenizas y fibra, lo que afectó las propiedades funcionales de las harinas obtenidas de los granos lavados, escurridos y secados en un horno a 150°C por 5 minutos (HCC2) y las de las harinas obtenidas de granos remojados, cocidos y secados a 40 °C y 120 °C (HCC1 y HCC3).

Las harinas obtenidas de granos procesados por remojo, cocción húmeda y secado a bajas temperaturas presentan propiedades físico-químicas y funcionales que les confieren gran potencial para la elaboración de alimentos viscosos tales como sopas, salsas y productos horneados, donde se requiere una buena interacción proteína-agua, así como en productos emulsionados como mayonesas, postres congelados y embutidos.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo contó con el apoyo financiero del CDCHT de la Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela.

LITERATURA CITADA

Aguilera G. Y. 2009. Harinas Leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales.

Cuadro 4. Capacidad de gelificación de harina de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos.

Tipo de procesamiento del grano †	Concentración (%) ‡							
	4	8	10	12	14	16	18	20
HCC1			x	x	x	x	x	x
HCC2				x	x	x	x	x
HCC3			x	x	x	x	x	X

† HCC1: remojo 12 horas, cocción a 98°C por 1,5 horas y secado a 120 °C por 3 horas; HCC2: lavado, escurrido y horneado a 150 °C por 5 min y HCC3: remojo por 12 horas, cocción a 98°C durante 2 horas y secados a 40 °C por 48 horas
‡ X: Concentración a la cual se observó la formación de gel.

- Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid facultad de Ciencias Departamento de Química Agrícola. p. 213-281.
- AOAC, 2000. Official Method of Analysis. 17th Ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., United States of America. 107 p.
- AOAC, 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., United States of America. p. 85-89.
- 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 Agricultural and Food Chemistry 25: 258-263.
- Bressani, R.; R. Gómez Brenes y E. Luiz. 1986. Calidad nutricional de la proteína del gandul tierno y maduro y su valor suplementario a los cereales. Archivos Latinoamericano de Nutrición 36: 109-116.
- Chau, C. and C. Cheung. 1997. Effect of various processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch of two chinese indigenous legume seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 45: 4773-4776.
- Enwere, N. J. 1998. Foods of plant origin: Processing and utilization with recipes and technology profiles. Nsukka: Afro-Orbis Publication Ltd. 299 p.
- 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.
- Granito, M. y V. Ascanio. 2009. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 59 (1): 71-77.
- Granito, M.; J. Guinand, D. Pérez y S. Pérez. 2009. Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. Interciencia 34 (1): 64-70.
- Granito, M.; A. Torres y M. Guerra. 2003. Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. Interciencia 28 (7): 372-379.
- Güemes Vera, N. 2007. Utilización de los derivados de cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. NACAMEH 1 (2):110-117.
- Kaur, M.; K. Singh Sandhu and N. Singh. 2007. Comparative study of the functional, thermal and defeat properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. Food Chemistry 104 (1): 259-267.
- Kinsella, J. 1979. Functional properties of soy proteins. J. Am. Oil Chem. Soc. 56: 242-258.
- Martin Cabrejas, M.; B. Sanfiz, A. Vidal, E. Molla, R. Esteban y J. Lopez Andreú. 2004. Effect of fermentation and autoclaving on dietary fiber fractions and antinutritional factors of beans (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry 52 (2): 261-266.
- Miquilena E, y A. Higuera Moros. 2007. Evaluación de la calidad nutricional de algunas harinas de leguminosas de grano. XVII Congreso Venezolano de Botánica (1): 699-701.
- Modi, V. K.; N. S. Mahendrakar, D. Narasimha Rao y N. M. Sachindra. 2003. Quality of buffalo meat burger containing legume flours as binders. Meat Science 66: 143-149.
- Negi, A.; P. Boora and N. Khetarpaul. 2001. Starch and protein digestibility of newly released moth bean cultivars: Effect of soaking, germination and pressure-cooking. Nahrung 45 (4): 251-254.
- Oloyo, R. A. 2002. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. Food Chemistry 85 (1): 497-502.
- Oloyo, R. A. 2002. Processing effects on the chemical composition and nutritional potential of pigeon pea. Rivista Italiana Sostanze Grasse 78 (7-8): 273-276.
- Ogunwolu, S. O.; F. O. Henshaw, H. P. Mock, A. Santros and S. O. Awonorin. 2009. Funtional properties of protein concentrate and isolates from cashew (*Anacardium occidentale* L.). Food Chemistry 115: 852-858.
- 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. Revista de la Facultad de Agronomía (UCV) 35 (2): 79-84.
- Robertson, G. L.; F. D. Monredon, P. Dysseler, F. Guillon, R. Amado and J. F. Thibault. 2000. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 33: 72-79.
- Sánchez, C. y A. Aponte. 2004. Nuevos usos del quinchoncho. Tecnología post cosecha. INIA Divulga 2: 5-8.
- Sangronis, E.; C. Machado y R. Cava. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas. Interciencia 29 (2): 80-85.
- Sathe, S. K.; S. Deshpande and D. K. Salunkhe. 1982. Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L. DC) proteins. Journal of Food Science 47: 503-509.
- Sathe, S. K. 2002. Dry bean protein functionality. Crit. Rev. Biotechnol. 22 (2): 175-223.
- Serdaroglu, M.; G. Yıldız Turp and K. Abrodímov, 2005. Quality of low-fat meatballs containing Legume flours as extenders. Meat Science 70: 99-105.
- Torres, A. y M. Guerra. 2003. Sustitución parcial de harina de maíz precocida con harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) para la elaboración de arepas. Interciencia 28 (11) 660-664.
- Vargas, A.; P. Osorio, E. Agama, L. Morales y L. Bello. 2006. Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Interciencia 31 (12): 881-884.
- Yasumatsu, K.; K. Sawada, S. Moritaka, M. Misaki, J. Toda, T. Wada and K. Ishii. 1992. Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. Agricultural and Biological Chemistry 36: 719-727.
- Yu, J.; M. Ahmedna y I. Goktepe. 2007. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. Food Chemistry 103 (1): 121-129