

# 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

Evaluation of protein content, mineral content and aminoacid profile of *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* and *Vigna radiata* flours as alternative in human feeding

Euler MIQUILENA<sup>1</sup> y Atilio HIGUERA MOROS<sup>2</sup> ✉

<sup>1</sup>Departamento de Química y <sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia. Avenida 16 (Guajira). Ciudad Universitaria "Dr. Antonio Borjas Romero". Núcleo Agropecuario. Maracaibo 4005, estado Zulia, Venezuela. E-mails: eulermiquilena@fa.luz.edu.ve y atiliohiguera@fa.luz.edu.ve

✉ Autor para correspondencia

Recibido: 31/03/2012

Fin de arbitraje: 31/05/2012

Revisión recibida: 06/08/2012

Aceptado: 12/08/2012

## RESUMEN

En Venezuela se cultivan leguminosas tropicales que pudiesen contribuir a la disminución de la importación de harina de soya utilizada por la industria de los alimentos, las cuales se requieren evaluar desde el punto de vista nutricional. Para ello se determinó el contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de grano de plantas de *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (quinchoncho), *Vigna radiata* (L.) Wilczek (frijol chino) y dos variedades de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (grano de color negro y blanco), sembradas en la planicie de Maracaibo (10° 34' LN; 71° 44' LO). Los valores de proteína cruda fueron 17,52%, para la harina de quinchoncho; 21,21% para la harina de frijol negro; 22,50% para la harina de frijol blanco y 24,25%, para la harina de frijol chino. Las harinas evaluadas mostraron altos niveles de proteína. Un alto contenido de potasio fue observado en las distintas harinas analizadas, presentando el quinchoncho el valor más alto (1704,3 mg/100 g de harina) con respecto a los obtenidos para frijol negro, frijol blanco y frijol chino (1363,6; 1399,4 y 1353,9 mg/100 g harina, respectivamente). El rango de los valores de calcio osciló entre 24,7 y 60,6 mg/100 g harina, los cuales se consideran más bajos que los reportados por otros investigadores. La suma de los aminoácidos esenciales totales en las leguminosas evaluadas varió entre 41,02 y 46,92 g/100 g de proteína, cuyos promedios son similares a los reportados en soya. Por lo tanto, estas harinas podrían utilizarse en la elaboración de alimentos destinados al consumo humano.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata*, *Cajanus cajan*, proteínas, aminoácidos, minerales

## ABSTRACT

Tropical legumes in Venezuela could contribute to the reduction of imports of soybean flour if could be used as nutritional resource on feeding industry. Protein and minerals content, and also aminoacids profile were determined on legumes grain flour such as *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (pigeon pea), *Vigna radiata* (L.) Wilczek (mung bean) and two *Vigna unguiculata* (L.) Walp. varieties (black and white seed), in Maracaibo plane, an arid zone located at 10° 34' N; 71° 44' W. Samples of all legumes were taken. Raw protein values were high, 17.52 % (pigeon pea), 21.21% (black seed cowpea), 22.50% (white seed cowpea) and 24.25% (mung bean). High levels of potassium were observed in all the legumes flour tested: 1704 (pigeon pea), 1364 (black seed cowpea), 1399 (white seed cowpea) and 1356 mg x100 g flour<sup>-1</sup> (mung bean). Calcium values were lower than reported in references in all the legumes tested. Aminoacids profile showed that protein of all legumes tested has adequated levels of essential aminoacids. Pigeon pea, black and white seed cowpea, and mung bean flour could be used on human feeding as a component of different products.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, *Vigna radiata*, *Cajanus cajan*, protein, aminoacids, minerals

## INTRODUCCIÓN

La desnutrición proteico calórica es el principal síndrome nutricional que afecta a más de 170 millones de niños en edad preescolar y madres lactantes en los países subdesarrollados (Iqbal *et al.*, 2006). En Venezuela, el bajo poder adquisitivo de la gran mayoría de la población es debido a la falta de empleo y bajos salarios (Colina *et al.*, 2005), lo que ocasiona una situación de desnutrición que afecta a una

proporción considerable de sus habitantes (FAO, 2000; Granito y Ascanio, 2009) motivado al bajo consumo de alimentos de calidad proteica de origen animal debido a su alto costo (FONAIAP, 1988, 1989; Colina *et al.*, 2005).

La utilización de proteína vegetal está ganando importancia debido a la necesidad mundial de búsqueda de fuentes de proteína de alta calidad y de bajo costo, especialmente en países en vías de

desarrollo (Wang *et al.*, 1997; Abbey e Ibeh, 1988; Iqbal *et al.*, 2006; Ghavidel y Prakash, 2006). El alto costo y limitada disponibilidad de la proteína animal ha dirigido la atención hacia varias leguminosas de grano como fuentes potenciales de proteína vegetal para su uso en la industria de alimentos (Sathe y Salunke, 1981). Las leguminosas además de proveer una importante fuente de carbohidratos complejos como el almidón (50 a 65%) y de fibra dietética (10-20%), tienen bajo contenido de lípidos (0,8 a 2%) y una cantidad y calidad de proteína que complementa la de los cereales. De igual manera, aportan vitaminas hidrosolubles, especialmente tiamina, riboflavina, niacina y folacina, minerales como potasio, fósforo, magnesio, zinc y en especial, hierro y calcio (Granito *et al.*, 2010). Ahora bien, la soya (*Glycine max*) es utilizada en muchos países para la alimentación humana como una alternativa para sustituir las proteínas de origen animal por una de origen vegetal. Así mismo es usada en la elaboración de alimentos balanceados para animales (Carmona y Jaffe, 1998), siendo necesaria su importación en Venezuela por ser un cultivo de clima templado.

Leguminosas como el frijol (*Vigna unguiculata*) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) han sido cultivadas en forma extensiva en muchos países alrededor del mundo debido a su alto contenido de proteína. El frijol es la leguminosa más importante como fuente de proteína en África del Este y Oeste, proveyendo de proteína dietética y lisina a la población en regiones donde la ingesta proteica es crónica (Sosulski *et al.*, 1987). El quinchoncho (*Cajanus cajan* L. Millsp.) es una leguminosa de alto valor nutritivo y de fácil producción en muchas zonas marginales para otros cultivos (Torres y Guerra 2003; Higuera, 2006; Higuera *et al.*, 2012). Como especie arbustiva es considerada una buena fuente de proteínas que aporta además energía. Los análisis del grano seco de quinchoncho señalan un 15,2% de humedad; 22,3% de proteína; 1,7% de grasa; 3,6% de cenizas siendo los minerales más importantes Ca, Fe y P. También posee un 57,2% de carbohidratos; caroteno evaluado como vitamina A de 220UI y vitamina B1 de 0,72 mg por 100 g (Salunkhe *et al.* 1986; INN 1999; Drago *et al.* 2007; Martínez y Zulet, 2000), por lo que estas harinas pueden ser utilizadas en la formulación de productos para aumentar su valor nutricional (Drago *et al.*, 2005).

Las harinas de quinchoncho (*Cajanus cajan*), frijol (*Vigna unguiculata*) y frijol chino (*Vigna radiata*) deben ser evaluadas como posible soluciones para disminuir la importación de soya y ahorrar divisas y para reducir el constante incremento de los costos de

producción de los alimentos balanceados para animales. Además debe evaluarse su potencial como ingrediente en la preparación de mezclas de proteínas vegetales con miras a mejorar el valor nutritivo de las mismas.

El desarrollo de la presente investigación permitió evaluar el contenido de proteína, minerales y calidad proteica de harinas de grano de quinchoncho, frijol chino y frijol para recomendar su uso como complementos alimenticios de alto nivel proteico y rico en aminoácidos. Para esto se realizó la determinación de los niveles de proteína cruda, minerales y perfil de aminoácidos en harinas obtenidas a partir de las leguminosas seleccionadas y su comparación con valores reportados para harina de soya en la literatura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

Se sembraron parcelas de frijol, frijol chino y quinchoncho en la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, localizada en la zona árida de la planicie de Maracaibo (10° 34' LN; 71° 44' LO). 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, clasificado como un Typic Haplargid.

### Obtención de la materia prima

Para obtener la harina de las leguminosas evaluadas fue preciso utilizar una superficie total de 1200 m<sup>2</sup>, dividida en cuatro parcelas, de las cuales dos de ellas se emplearon en la siembra de frijol de las variedades San Joaquín de grano de color negro y Criollo de Mara, de grano de color blanco. Las otras dos parcelas se sembraron una con frijol chino (variedad Mara I) y la parcela restante con quinchoncho, variedad TAC-401. Las parcelas utilizadas para la siembra del frijol y frijol chino se subdividieron en 7 repeticiones de 30 m<sup>2</sup> cada una, dejando 2 metros de separación entre repeticiones. La parcela utilizada para la siembra del quinchoncho se subdividió en 7 repeticiones de 60 m<sup>2</sup> con separación de 2 metros entre repetición. Cada repetición estuvo conformada por 6 hileras de 12 m de longitud cada una. 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, ocupando un área cada una de 30 m<sup>2</sup> con 792 plantas por parcela.

En el caso del quinchoncho, la distancia entre hilera fue de 1m y la distancia entre planta de 0,5 m, ocupando un área cada una de 60 m<sup>2</sup> con 648 plantas por parcela. La cosecha para frijol blanco, frijol negro y frijol chino fue realizada 60 días después de la siembra y la de quinchoncho, 120 días después de la siembra.

### Elaboración de las harinas

Para la elaboración de las harinas de grano de frijol blanco, frijol negro y quinchoncho se elaboraron tres submuestras por repetición para luego unir las. Cada submuestra estuvo compuesta de 6 plantas escogidas al azar de los hilos centrales. Para el frijol chino se recolectaron 10 plantas por cada submuestra, ya que esta especie posee un grano de tamaño muy pequeño, con respecto a las otras especies evaluadas. El número total de muestras por tratamiento fue de 21 (84 muestras a evaluar). El número de plantas a cosechar por submuestra se determinó en base al número de granos necesarios para que una vez molidos los mismos se pudiesen obtener de 20-30 g de harina.

Las vainas una vez recolectadas 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 y luego 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. Posteriormente las muestras de harinas se colocaron en bolsas plásticas debidamente etiquetadas para su posterior análisis.

### Análisis químicos

Los siguientes análisis químicos se llevaron a cabo sobre las muestras estudiadas:

**Proteína cruda:** Las determinaciones de proteína cruda se realizaron siguiendo el método 976.05 de la Association of Official Analytical Chemist (AOAC).

**Análisis de minerales:** Los minerales

presentes en las harinas estudiadas fueron determinados usando un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer Modelo 3030B, de acuerdo a la metodología 953.01 descrita por AOAC. El fósforo fue determinado colorimétricamente usando un Spectronic 20 según metodología de la AOAC 966.01.

**Análisis de aminoácidos:** Las preparaciones del estándar (SIGMA STD-AA-18) y muestras se basó en el método PICO-TAG modificada (Bidlingmeyer *et al.*, 1984). El procedimiento experimental detallado para el análisis de aminoácidos es descrito por Bidlingmeyer *et al.*, (1984).

### Análisis estadístico

Se evaluaron un total de cuatro tratamientos (genotipos), correspondientes a una variedad de quinchoncho (TAC-401), una de frijol chino (Mara I) y dos variedades de frijol (Criollo de Mara y Mara I) quedando constituidos de la siguiente manera:

1. Quinchoncho var. TAC-401 (grano de color crema)
2. Frijol variedad San Joaquín (grano de color negro)
3. Frijol blanco variedad Criollo de Mara (grano de color blanco)
4. Frijol chino variedad Mara I.

Todos los materiales seleccionados como tratamientos provinieron de la colección de germoplasma de leguminosas de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia (Higuera, 2005).

El diseño estadístico seleccionado para procesar los datos obtenidos fue el de bloques al azar con siete repeticiones.

Las variables medidas fueron:

- a) Contenido de proteína cruda (PC),
- b) Contenido de minerales: Fósforo (P), Potasio (K), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Sodio (Na) y Calcio (Ca),
- c) Perfil de aminoácidos: Ácido aspártico (Asp), Ácido glutámico (Glu), Serina (Ser),

Glicina(Gly), Histidina (His), Arginina (Arg), Treonina (Thr), Alanina (Ala), Prolina (Prol), Tirosina (Tyr), Valina (Val), Metionina (Met), Isoleucina (Ile), Cisteina (Cys), Leucina (Leu), Fenilalanina (Phe) y Lisina (Lys)

Los análisis estadísticos de los resultados incluyendo estadísticas descriptivas y pruebas de medias, las cuales se procesaron usando el paquete estadístico SAS (1985). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Los parámetros del análisis de varianza utilizado en la harina de granos obtenida de las cuatro leguminosas estudiadas se presentan en el Cuadro 1.

Para las variables respuesta se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable respuesta

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto asociado al  $i$  - ésimo tratamiento  $i = 1, 2, 3, 4$

$\beta_j$  = efecto asociado al  $j$  - ésimo bloque  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$\epsilon_{ij}$  = error experimental aleatorio con media cero y varianza  $s^2$

Cuadro 1. Parámetros del análisis de varianza utilizado en el estudio de los datos obtenidos.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Repeticiones	7-1 = 6
Tratamientos (genotipos)	4-1 = 3
Error Experimental	(7-1)(4-1) = 18
Total	(7x4) - 1 = 27

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda (PC) (%) en harinas de grano de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) var. TAC.401, frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) var. Mara I y frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. San Joaquín y Criollo de Mara.

	Frijol negro	Frijol blanco	Frijol chino	Quinchoncho
	(Medias $\pm$ ds, n = 21)			
PC (%)	21,21 <sup>b</sup> $\pm$ 0,96	22,50 <sup>b</sup> $\pm$ 1,42	24,25 <sup>a</sup> $\pm$ 1,03	17,52 <sup>c</sup> $\pm$ 1,27

Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). ds = desviación estándar.  
Nota: Los resultados están expresados en base seca

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Proteína cruda

En el Cuadro 2 se presentan los efectos significativos de los genotipos de leguminosas para la variable proteína cruda. El valor promedio para esta variable en la harina de frijol chino fue significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) (24,25%) al resto de las leguminosas estudiadas. Los valores de proteína cruda en el frijol blanco y en el frijol negro fueron 22,50% y 21,21% respectivamente, con medias estadísticamente similares entre sí. La harina de quinchoncho registró el menor valor de proteína cruda (17,52%), con diferencias significativas respecto a las leguminosas del genero *Vigna* ( $p \leq 0,05$ ).

El contenido de proteína cruda en las harinas de las variedades de *Vigna unguiculata* estudiadas son comparables a otras variedades de frijol cuyos contenidos de proteína cruda están en rango de 21 a 27% (Fashakin y Fasania, 1988; Mohan y Janardhanan, 1993; Sosulski *et al.*, 1987). Dichos valores también se encuentran dentro de los rangos señalados para otras especies del genero *Vigna* tales como *V. umbelata* con 17,2 a 18,1% PC (Kaur y Kapoor, 1992), *V. campensis* con 22,4% PC (Mohan y Janardhanan, 1993), *V. mungo* con 23,8 a 25,0% (Mahajan *et al.*, 1988; Khalil y Khan, 1995), *V. angularis* con 27% (Tjahjadi *et al.*, 1988) y *V. mínima* con 18,5 a 25,7% (Gopinathan *et al.*, 1987).

Los valores de proteína cruda de las harinas de las variedades de frijol blanco y frijol negro fueron similares a los obtenidos por Thangadurai (2005) en *V. unguiculata* y por Lacassagne *et al.* (1988), en *Vicia faba* aunque inferiores a los obtenidos por Mortuza y Tzen (2011) para esta especie. Onyeka (2007), señaló para 5 variedades de *V. unguiculata* rangos de PC de 15,3 a 22,9%. El valor de proteína cruda de la harina de quinchoncho fue similar a los niveles de proteína obtenidos por León *et al.*, (1993); sin embargo, en la

India (ICRISAT, 1986) han sido estudiadas variedades con contenido de proteína de hasta 27%. Onimawo y Akpojovwo (2006) encontraron valores de 21,32% de proteína cruda para quinchoncho. En relación al contenido de PC en frijol chino el mismo se encuentra dentro de los valores señalados para esta leguminosa por Anwar *et al.*, (2007).

### Perfil de aminoácidos

Para todas las harinas de grano de leguminosas se determinaron los mismos aminoácidos, detectándose 16: Acido aspártico (Asp), Ácido glutámico (Glu), Alanina (Ala), Arginina (Arg), Fenilalanina (Phe), Glicina (Gli), Histidina (His), Isoleucina (Ile), , Leucina (Leu), Lisina (Lys), Metionina (Met), Prolina (Pro), Serina (Ser), Tirosina (Tyr), Treonina (Thr), y Valina (Val). De los 17 aminoácidos evaluados, no se detectó cisteína en las muestras analizadas posiblemente debido a su bajo contenido (trazas).

El análisis de varianza reveló que la mayoría de los aminoácidos no presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) excepto la treonina (Cuadro 3). El contenido de Thr de frijol chino fue similar al quinchoncho y diferente a las otras harinas, El contenido de Thr fue significativamente inferior en frijol chino y el mayor se encontró en frijol negro.

A pesar de que el quinchoncho presentó el menor contenido de proteína (Cuadro 2), su perfil de aminoácidos indica que es de calidad comparable al de las otras leguminosas estudiadas, ya que posee un contenido de aminoácidos esenciales totales de 41,02% (Cuadro 4), no presentando diferencias significativas con el resto de las harinas de las leguminosas estudiadas.

El perfil de aminoácidos de algunas de las leguminosas evaluadas ha sido estudiado por otros investigadores como Salunke *et al.*, (1986) y Singh *et al.*, (1993) para el quinchoncho, y Enne-Obong y Carnovale (1992) para el quinchoncho y el frijol. La mayoría de los valores señalados en esta investigación son comparables a los trabajos anteriormente citados. No obstante, los resultados aquí presentados son mayores que los obtenidos por Olaofe *et al.*, (1993) para otras variedades de *V. unguiculata*, por Oshodi y Ekperigin (1989) y Singh *et al.*, (1993) para el quinchoncho y por Rodríguez y Mendoza (1991) para otra especie representativa del genero *Vigna* como lo es *V. umbellata*.

Mientras que los niveles de ácido glutámico y aspártico fueron los mayores en las harinas de las leguminosas estudiadas, los contenidos de lisina, leucina y arginina (requeridos por el ganado vacuno) también fueron altos. Además, los valores de treonina,

Cuadro 3. Perfil de aminoácidos (g/100 g de proteína) en harinas de grano de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) var. TAC.401, frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) var. Mara I y frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. San Joaquín y Criollo de Mara. (Medias  $\pm$  ds, n=21).

Aminoácido	Frijol negro	Frijol blanco	Frijol chino	Quinchoncho
Ácido aspártico	12,65 <sup>a</sup> $\pm$ 3,39	12,22 <sup>a</sup> $\pm$ 2,70	9,29 <sup>a</sup> $\pm$ 4,21	8,91 <sup>a</sup> $\pm$ 3,26
Acido glutámico	17,77 <sup>a</sup> $\pm$ 0,68	17,86 <sup>a</sup> $\pm$ 4,99	17,22 <sup>a</sup> $\pm$ 7,71	21,00 <sup>a</sup> $\pm$ 3,97
Serina	4,39 <sup>a</sup> $\pm$ 0,72	4,03 <sup>a</sup> $\pm$ 1,04	4,99 <sup>a</sup> $\pm$ 1,31	4,54 <sup>a</sup> $\pm$ 1,60
Glicina	4,71 <sup>a</sup> $\pm$ 0,24	4,51 <sup>a</sup> $\pm$ 0,51	4,67 <sup>a</sup> $\pm$ 1,23	4,43 <sup>a</sup> $\pm$ 0,35
Histidina	4,10 <sup>a</sup> $\pm$ 1,08	3,77 <sup>a</sup> $\pm$ 0,86	4,06 <sup>a</sup> $\pm$ 0,91	3,99 <sup>a</sup> $\pm$ 0,85
Arginina	5,16 <sup>a</sup> $\pm$ 2,78	6,35 <sup>a</sup> $\pm$ 2,83	5,87 <sup>a</sup> $\pm$ 1,15	3,40 <sup>a</sup> $\pm$ 1,93
Treonina	3,90 <sup>a</sup> $\pm$ 0,72	3,66 <sup>a</sup> $\pm$ 1,11	2,33 <sup>b</sup> $\pm$ 1,34	2,98 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,88
Alanina	4,56 <sup>a</sup> $\pm$ 2,03	4,42 <sup>a</sup> $\pm$ 1,52	4,93 <sup>a</sup> $\pm$ 2,15	5,77 <sup>a</sup> $\pm$ 0,79
Fenilalanina	6,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,81	6,56 <sup>a</sup> $\pm$ 1,62	6,57 <sup>a</sup> $\pm$ 4,82	9,75 <sup>a</sup> $\pm$ 0,64
Tirosina	3,74 <sup>a</sup> $\pm$ 0,80	3,72 <sup>a</sup> $\pm$ 0,77	2,93 <sup>a</sup> $\pm$ 1,24	4,17 <sup>a</sup> $\pm$ 1,91
Valina	6,75 <sup>a</sup> $\pm$ 2,19	5,94 <sup>a</sup> $\pm$ 2,17	4,96 <sup>a</sup> $\pm$ 2,15	5,07 <sup>a</sup> $\pm$ 0,65
Metionina	1,69 <sup>a</sup> $\pm$ 1,20	1,81 <sup>a</sup> $\pm$ 0,61	1,87 <sup>a</sup> $\pm$ 0,93	1,47 <sup>a</sup> $\pm$ 0,39
Isoleucina	2,77 <sup>a</sup> $\pm$ 1,09	2,97 <sup>a</sup> $\pm$ 1,03	2,12 <sup>a</sup> $\pm$ 1,69	2,03 <sup>a</sup> $\pm$ 0,95
Leucina	7,79 <sup>a</sup> $\pm$ 1,87	7,96 <sup>a</sup> $\pm$ 4,05	5,17 <sup>a</sup> $\pm$ 2,09	7,00 <sup>a</sup> $\pm$ 3,48
Prolina	4,32 <sup>a</sup> $\pm$ 0,54	3,98 <sup>a</sup> $\pm$ 0,62	3,39 <sup>a</sup> $\pm$ 0,85	4,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,29
Lisina	8,10 <sup>a</sup> $\pm$ 2,61	7,36 <sup>a</sup> $\pm$ 0,99	7,90 <sup>a</sup> $\pm$ 3,98	8,30 <sup>a</sup> $\pm$ 1,69

Nota: Medias con letras distintas en una misma hilera indican diferencias significativas ( $p\leq 0,05$ ). ds= desviación estándar.

valina e isoleucina están dentro de los patrones de requerimientos para la nutrición humana (NCR/NAS, 1989).

En el Cuadro 4 se presenta un cuadro comparativo de los valores medios del contenido de aminoácidos de las harinas de las leguminosas estudiadas junto con los de soya. Los resultados muestran que al ácido aspártico y el glutámico constituyen hasta 30,42 g/100 g de proteína para frijol ojo negro. La suma de los aminoácidos esenciales totales (Hist, Arg, Thr, Phe, Val, Met, Ile, Leu y Lys) en el quinchoncho, frijol blanco, frijol negro y frijol chino presentó los siguientes valores: 41,02; 46,92; 46,90 y 44,24 g/100 g de proteína, respectivamente. Dichos valores son similares a los valores señalados por Hadjipanayiotou y Economides (2001) en soya. Esto indica que las leguminosas evaluadas son comparables a la soya en lo que a contenido de aminoácidos esenciales se refiere (Ravindran y Blair, 1992; Singh *et al.*, 1990), lo cual favorece la inclusión de dichas leguminosas en la elaboración de alimentos para animales y humanos.

La comparación entre el perfil de aminoácidos (Cuadro 4) y los valores referenciales de

WHO/FAO/UNU (2007), muestra que los contenidos de lisina, leucina, fenilalanina, valina e histidina en las leguminosas bajo estudio están entre los valores altos de los rangos recomendados de los requerimientos de aminoácidos (Cómputo Aminoacídico) para infantes de 1 a 2 años y son significativamente superiores a los valores recomendados para niños en edad preescolar y escolar (3 a 10 años). Sin embargo, los valores de metionina e isoleucina fueron mucho menores que las referencias de WHO/FAO/UNU (2007), lo cual sugiere que estas leguminosas tienen una alta calidad proteica y son una buena fuente de aminoácidos excepto en metionina e isoleucina.

La Organización Mundial de la Salud considera que los requerimientos de valina para niños en edad escolar con edades comprendidas entre 10 -12 años son de 29 mg de valina/kg peso corporal/día (WHO/FAO/UNU, 2007). Asumiendo un contenido de 20 % de proteína cruda para el quinchoncho (Aletor y Aladetemi, 1989; Oshody y Ekperogin, 1989), 100 g de quinchoncho suministraría aproximadamente 1014 mg de valina, de tal manera que si un niño de 30 kg consume 100 g de quinchoncho por día, sus requerimientos de valina serían cubiertos. Los

Cuadro 4. Perfil de aminoácidos (g/100 g proteína) en harinas de grano de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) var. TAC.401, frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) var. Mara I y frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. San Joaquín y Criollo de Mara en comparación con la harina de soya.

Aminoácido	Frijol negro	Frijol blanco	Frijol chino	Quinchoncho	<sup>a</sup> Soya	<sup>b</sup> Cómputo Aminoacídico
Ácido aspártico	12,65	12,22	9,29	8,91	14,28	-
Acido glutámico	17,77	17,86	17,22	21	6,7	-
Serina	4,39	5,03	4,99	4,54	12,18	-
Glicina	4,71	4,51	4,67	4,43	4,4	-
Histidina *	4,10	3,77	4,06	3,99	2,4	1,6 -2,0
Arginina *	5,16	6,35	5,87	3,40	7,5	-
Treonina *	3,90	3,66	2,33	2,98	3,3	2,5- 3,1
Alanina	4,56	4,42	4,93	5,77	5,6	-
Fenilalanina + Tirosina * (AA)	10,38	10,28	9,5	13,92	9,6	4,1-5,2
Metionina * + Cisteina (SA)	1,69	1,81	1,87	1,47	1,44	2,4 - 2,8
Valina *	6,75	5,94	4,96	5,07	6,2	4,0 -4,3
Isoleucina *	2,77	2,97	2,12	2,03	5,4	3,0 -3,2
Leucina *	7,79	7,96	5,17	7,01	8,4	6,1 -6,6
Prolina	4,32	3,98	3,39	4,64	1,67	-
Lisina *	8,10	7,90	7,90	8,30	7,0	4,8 -5,2
*Aminoácidos esenciales totales	46,90	46,92	44,24	41,02	47,44	

Nota: n.d= no detectado. AA = Aminoácidos aromáticos. SA= Aminoácidos azufrados  
Tomado de: <sup>a</sup> Hadjipanayiotou and Economides (2001) y <sup>b</sup>WHO/FAO/UNU (2007).

resultados indican que las leguminosas estudiadas, sobre todo el quinchoncho, son una buena fuente de aminoácidos esenciales, sobre todo histidina, valina y lisina. Se puede señalar que las leguminosas evaluadas cubren también los requerimientos de aminoácidos de un adulto, debido a que la composición de aminoácidos que cubra las necesidades de un niño también cubrirá las de un adulto (WHO/FAO/UNU, 2007).

### Minerales

En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del contenido de minerales en las harinas analizadas. El análisis de varianza efectuado reveló la existencia de variación significativa entre los contenidos de K, Mg, Na y Ca al comparar los promedios de los diferentes genotipos de leguminosas evaluadas.

El contenido de potasio de la harina de quinchoncho (1740,29 mg/100 g de harina) resultó significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) al del resto de las leguminosas. Sin embargo, los contenidos de este elemento en las harinas de frijol blanco, frijol negro y frijol chino fueron similares. Los valores obtenidos para este mineral en las harinas de las leguminosas estudiadas son comparables con lo indicados por Aletor y Aladetemi (1989) para el quinchoncho (1700 mg/100 g de harina) y algunas variedades de frijol (1260-1600 mg/100 g de muestra) e inferiores a los señalados por Thangadurai (2005). Por su parte, Olaofe y Sanni (1988), señalan un rango de 644-4510 mg/100 g de harina para algunos productos agrícolas como la soya, frijoles, maíz y sorgo. Esta observación sugiere que deben usarse fertilizantes potásicos durante la siembra con el propósito de reponer la gran cantidad de potasio absorbido por las plantas y así mantener la fertilidad del suelo.

Los contenidos de magnesio de la harina de frijol negro y frijol blanco (191,08 y 183,50 mg/100g de harina respectivamente) fueron significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ) a los de frijol chino (147,45 mg/100 g de harina) y quinchoncho (127,38 mg/100g de harina), encontrándose diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los contenidos de magnesio de estas dos leguminosas (Cuadro 5).

El magnesio fue el segundo mineral más abundante en las harinas de las leguminosas estudiadas. En el quinchoncho, el valor se corresponde con las observaciones señaladas por Olaofe y Sanni (1988). Sin embargo, Aletor y Aladetemi (1989) y Thangadurai (2005) indican un contenido de magnesio en el quinchoncho de 240 y 230 mg/100 g de harina respectivamente, los cuales son superiores al valor encontrado en este trabajo de 127,38 mg/100 g de harina. La variación observada pudiera ser atribuida a la composición del suelo, la cual pudiera afectar la absorción de este mineral, tal como lo señalan Olaofe *et al.* (1987) y Nelson (1980). Asimismo, las variaciones observadas pudieran estar asociadas a diferencias entre genotipos según Singh *et al.*, (1993).

El contenido de sodio resultó significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) en la harina de frijol blanco con respecto al del resto de leguminosas; siguiendo en magnitud al observado en el frijol ojo negro, el cual fue significativamente diferente ( $p \leq 0,05$ ) al contenido de sodio del frijol chino y quinchoncho, cuyos valores promedios fueron 12,98 y 12,82 mg/100g de harina, respectivamente, siendo estadísticamente similares entre sí.

Con respecto al contenido de calcio, la mayor concentración se encontró en la harina de quinchoncho, 60,58 mg/100 g de harina. Este valor fue significativamente superior ( $p \leq 0,05$ ) al observado en

Cuadro 5. Contenido de minerales (mg/100 g de harina) en harinas de grano de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) var. TAC.401, frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) var. Mara I y frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. San Joaquín y Criollo de Mara

Mineral	Frijol negro	Frijol blanco	Frijol chino	Quinchoncho
	mg/100 g de harina (Medias $\pm$ ds, n= 21)			
P	401,9 <sup>a</sup> $\pm$ 18	394,8 <sup>a</sup> $\pm$ 22,7	380 <sup>a</sup> $\pm$ 21,9	383,8 <sup>a</sup> $\pm$ 46,6
K	1363,6 <sup>b</sup> $\pm$ 28,1	1399,4 <sup>b</sup> $\pm$ 52,9	1353,9 <sup>b</sup> $\pm$ 52,9	1704,3 <sup>a</sup> $\pm$ 44,1
Mg	191,1 <sup>a</sup> $\pm$ 16,1	183,5 <sup>a</sup> $\pm$ 4,9	147,5 <sup>b</sup> $\pm$ 7,2	127,4 <sup>c</sup> $\pm$ 4,9
Zn	4,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	4,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8	3,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	4,53 <sup>a</sup> $\pm$ 0,7
Na	28,2 <sup>b</sup> $\pm$ 4,2	35,2 <sup>a</sup> $\pm$ 7,5	12,8 <sup>c</sup> $\pm$ 2,2	34,7 <sup>c</sup> $\pm$ 3,6
Ca	24,7 <sup>c</sup> $\pm$ 2,1	30,6 <sup>bc</sup> $\pm$ 5,3	34,7 <sup>b</sup> $\pm$ 2,6	60,6 <sup>a</sup> $\pm$ 6,7

Medias con letras distintas en una misma hilera indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). ds = desviación estándar.

Nota: Los resultados están expresados en base seca.

las harinas de las leguminosas del género *Vigna*. Siguieron en magnitud de contenido de calcio, el frijol chino con 34,66 mg/100g de harina y el frijol blanco con 30,87 mg/100g de harina, sin diferencias estadísticas entre ellos. La harina de grano de frijol negro presentó el menor contenido de calcio, 26,49 mg/100g de harina), valor similar desde el punto de vista estadístico al determinado en el frijol blanco, y significativamente superior al de frijol chino y quinchoncho ( $p \leq 0,05$ ). Los valores reportados para calcio fueron menores a los obtenidos por Hussain y Basahy (1998), en frijol y similares a los encontrados por Singh, *et al.* (1993) para el quinchoncho.

Las leguminosas son considerablemente más ricas en calcio que la mayoría de los cereales. Un valor representativo para las leguminosas como un todo es aproximadamente 100 mg /100 g, comparado con 10 y 16 mg para arroz y harina de trigo respectivamente. Un consumo diario de 50 g de leguminosas puede ser una útil contribución a las necesidades de calcio para humanos (NCR/NAS, 1989).

Los valores obtenidos para fósforo, zinc y potasio fueron similares a los reportados por Hussain y Basahy (1998).

Las tres harinas de las especies de *Vigna* estudiadas (frijol negro y blanco) y frijol chino, cumplen con las recomendaciones dietéticas permitidas (NCR/NAS, 1989) y por lo tanto constituyen una rica fuente de minerales, tales como potasio, fósforo y magnesio.

El Cuadro 6 presenta un análisis comparativo del contenido de minerales de las harinas de grano de las leguminosas estudiadas respecto al de la harina de soya. Se puede observar que los valores obtenidos para potasio, manganeso y zinc fueron similares a los valores reportados por Holland *et al.* (1991). Sin embargo, los valores de calcio y sodio fueron menores. Otros investigadores como Oshodi *et al.* (1993) han

obtenido valores de los minerales citados similares a los señalados en este estudio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las harinas de grano de las leguminosas analizadas en esta investigación constituyen una fuente importante de proteínas, de uso potencial en la alimentación humana, que pueden contribuir a solventar los problemas de malnutrición proteica en Venezuela.

El contenido de minerales y el perfil de aminoácidos, especialmente de los esenciales, presentes en las harinas de grano de las leguminosas estudiadas son comparables al de la harina de soya.

El alto contenido de lisina en las leguminosas de grano analizadas es un atributo probablemente más importante que el contenido de proteína total, que confiere a las harinas estudiadas el potencial para utilizarlas como suplementos en la fabricación de alimentos a base de cereales como maíz y trigo, los cuales se sabe son deficientes en lisina y representan los alimentos básicos de una gran parte de la población en Venezuela.

Los valores obtenidos en los análisis químicos realizados muestran que las leguminosas estudiadas son fuentes valiosas de proteínas, minerales y aminoácidos para su posible uso en la fabricación de productos alimenticios para consumo humano.

A objeto de promover el uso potencial de leguminosas tropicales en la industria de alimentos para humanos y así contribuir a la fortificación y desarrollo de nuevos productos alimenticios, se sugiere evaluar en las harinas analizadas las propiedades funcionales, tales como solubilidad de la proteína, capacidad de absorción de agua y aceite, emulsificación y formación de espuma.

Cuadro 6. Contenido de minerales (mg/100 g de harina) en harinas de grano de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) var. TAC.401, frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) var. Mara I y frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) var. San Joaquín y Criollo de Mara en comparación con la harina de soya.

Mineral	Frijol negro	Frijol blanco	Frijol chino	Quinchoncho	Soya <sup>a</sup>	Quinchoncho <sup>b</sup>
Ca	24,7	30,6	34,7	60,6	240	140
Na	28,2	35,2	12,8	34,7	5	38
K	1363,6	1399,4	1353,9	1704,3	1730	1390
Mg	191,1	183,5	147,5	127,4	250	100
Zn	4,5	4,8	3,9	4,5	2,6	4,1
P	401,9	394,8	380	383,8	-	-

Nota: Tomado de <sup>a</sup> Holland *et al.* (1991) y <sup>b</sup> Oshodi *et al.* (1993)

Debido al alto contenido de potasio de las leguminosas estudiadas, sería recomendable evaluar su posible uso en la fabricación de alimentos para la dieta de personas que toman diuréticos ya que dichas personas sufren de una excesiva excreción de potasio a través de los fluidos corporales.

Desarrollar tecnologías para el procesamiento de tales recursos con el objeto de aprovechar todo el potencial en la industria de alimentos para humanos.

### LITERATURA CITADA

- Abbey, B. W. and G. O. Ibeh. 1988. Functional properties of raw and heat processed cowpea (*Vigna unguiculata*, Walp) flour. J. Food. Sci. 53 (6): 1775-1791.
- Aletor, V. A. and O. O. Aladetemi. 1989. Compositional evaluation of some cowpea varieties and some under-utilized edible legumes in Nigeria. Die Nahrung. 33: 999-1007.
- Anwar, F.; S. Latif, R. Przybylski, B. Sultana and M. Ashraf. 2007. Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. J. Food Sci. 72 (7): 503-510.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry. Arlinton, VA, AOAC, Washington, D.C. USA.
- Bidlingmeyer, B. A.; S. A. Cohen and T. L. J. Tarvin. 1984. Rapid analysis of amino acids using pre-column derivatization. Chromatography 336: 93-100.
- Carmona, A. y W. Jaffé. 1998. Importancia de las leguminosas en la nutrición humana. In: Formulación de un Programa Integral de Investigación en Leguminosas. IDEA-Sartanejas. p 182-197.
- Colina, A.; A. Higuera, A. Gómez, N. Rincón, J. Puentes y E. Segovia. 2005. Mercado potencial de subproductos derivados del quinchoncho (*Cajanus cajan* L. Millsp.) para consumo humano en Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 25: 334-363.
- Díaz, M. F.; C. Padilla, A. Gonzalez y C. Mora. 2000. Estudio comparativo de la producción de harinas de variedades de *Vigna unguiculata* para la alimentación animal. Rev. Cubana. Cienc. Agric. 34: 369-378.
- Drago, S.; R. J. González and M. E. Valencia. 2005. Strategies to increase nutritional contribution of minerals from snacks products based on corn and from textured soy flour. Intra Food Innovations in Traditional Foods 2: 903-906.
- Drago, S.; R. J. González, L. C. Guerrero y M. E. Valencia. 2007. Evaluación de la disponibilidad de minerales en harinas de frijol y en mezclas de maíz/frijol extrudidas. Información Tecnológica 18 (1): 41-46
- Enne Obong, H. N. and E. Carnovale. 1992. A comparison of the proximate, mineral and aminoacids composition of some known and lesser known legumes in Nigeria. Food Chem. 43: 169-175.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2000. Perfiles nutricionales por países, Venezuela. FAO. Roma. <ftp://ftp.fao.org/ag/agn/nutrition/ncp/ven.pdf>.
- Fashakin, J. B. and J. I. Fasania. 1988. Chemical composition and nutritive changes of some improved varieties from the International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. Trop Sci. 28: 111-118.
- Fleming, S. E. 1981. A study of relationships between flatus potential and carbohydrate distribution in legumes seeds. J. Food Sci. 46: 794-797.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1988. El cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie paquetes Tecnológicos N° 5. Maracay, Venezuela. 80 p.
- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1989. El cultivo del quinchoncho (*Cajanus cajan*). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie paquetes Tecnológicos N° 7. Maracay, Venezuela. 50 p.
- Ghavidel, R. A and J. Prakash. 2006. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flour. J. Sci. Food Agric. 86: 1189-1195.
- Gopinathan, M. C.; C. R. Babu, S. Chatterjee and Y. P. Abrol. 1987. Nutritional potential of *Vigna minima* (Roxb) Owhi and Ohashi: I. Seed protein content and aminoacids composition. Plant Food Human Nutr 34: 345-355.

- 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.; Y. Valero y R. Zambrano. 2010. Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 60 (1): 85-92.
- Hadjipanayiotou, M. and S. Economides. 2001. Chemical composition, *in situ* degradability and aminoacids composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. Livestock Res. Rural Dev. 13. 1-6.
- Holland, N.; I. D. Unwind and D. H. Buss. 1991. Vegetables, herbs and species, fifth supplements of McCance and Widdowson's the Composition of Foods. B. Holland, I. D. Unwin, D. H. Buss (Eds.). Royal Society of Chemistry. London, United Kingdom. 183 p.
- Higuera, A. 2005. El cultivo de frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Aspectos agronómicos. Cuaderno de Extensión Rural. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. División de Extensión Agrícola. N° 2. Editado por Fundacite Zulia. 34 p.
- Higuera A. 2006. El cultivo de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Aspectos agronómicos. Cuaderno de Extensión Rural. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. División de Extensión Agrícola. N° 3. Editado por Fundacite Zulia. 34 p.
- Higuera, A.; J. Trompiz y M. Ventura. 2012. *Cajanus cajan*, leguminosa forrajera en la alimentación animal. Editorial Académica Española. LAP Lambert Academic Press GmbH & Co, Kg, Alemania. 57 p.
- Hussain, M. and A. Basahy. 1998. Nutrient composition and aminoacids pattern of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, Fabacea) grown in the Gizan area of Saudi Arabia. Int. J. Food. Sci.Nut. 49 (2): 117-124.
- Instituto Nacional de Nutrición (INN). 1999. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Serie Cuadernos Azules. Publicación N°52. Instituto Nacional de Nutrición. Caracas, Venezuela. 18 p.
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). 1986. Pigeon pea. In: Annual Report ICRISAT, Patancherú, Andhra Pradesh. India. p. 175-211.
- Iqbal, A.; I. Khalil, N. Ateeq, and S. Khan. 2006. Nutritional quality of important food legumes. Food Chemistry 97: 331-335.
- Kaur, D. and A. C. Kapoor. 1992. Nutrient composition and antinutrient factors of rice beans (*Vigna umbellata*). Food Chem. 43: 119 -124.
- Khalil, I. A. and S. Khan. 1995. Protein quality of asian beans and their wild progenitor, *Vigna sublobata* (Roxb). Food Chem. 52: 327-330.
- Lacassagne, L.; M. Francesh, B. Carre and J. P. Melcion. 1988. Utilization of faba bean (*Vicia faba*) protein, starch and energy by young chicks. Effect of pelleting seeds from tannin-containing and tannin-free cultivars. Anim. Feed. Sci. Technol. 20: 59-68.
- León, R. A.; I. Angulo, M. Jaramillo, F. Requena y H. Calfbrese. 1993. Caracterización química y valor nutricional de granos de leguminosas tropicales para la alimentación de aves. Zootecnia Tropical. 11 (2): 151-170.
- Mahajan, R.; S. P. Malhotra and R. Singh. 1988. Characterization of seed storage proteins of urdbean (*Vigna mungo*). Plant Foods Human Nutr. 38: 163 -173.
- Martínez, J. A. y A. Zulet. 2000. Leguminosas. In: Alimentos. Composición y propiedades. 2<sup>da</sup> Ed., McGraw-Hill. Interamericana de España SAU, Madrid, España. p. 155-167.
- Mohan, V. R. and K. Janardhanan. 1993. Chemical composition and nutritional evaluation of two little known species of *Vigna*. Food Chem. 48: 367 -371.
- Montilla, J. J. 1998. Consideraciones generales sobre las leguminosas en la agricultura y la alimentación. In: Formulación de un Programa Integral de Investigación en Leguminosas. IDEA-Sartanejas. p 13-25.
- Mortuza, M. G. and J. T Tzen. 2011. Kalimatar (*Vicia faba*). Cooking characteristics as affected by soaking and roasting. Journal of Food Processing and Preservation 35: 257-263.

- National Research Council (NCR)/National Academy of Sciences (NAS). 1989. Recommended dietary allowances. National Academy Press. 10<sup>th</sup> Edition. Washington, D. C. USA. 302 p.
- Nelson, J. D. 1980. Proceedings of A Nordic Symposium of soil-plant-animal-man interrelationship and implication to human health, mineral elements. Helsinki. Finland.
- Olaofe, O.; E. O. Oladeji and I. O. Ayodeji. 1987. Metal content of coca bean. J. Sci. Food. Agric. 41: 241-244.
- Olaofe, O. and C. O Sanni. 1988. Mineral content of agricultural products. Food Chem. 30: 73 -77.
- Olaofe, O.; Y. D. Umar and G. O. Adediran. 1993. The effects of nematicides on the nutritive value and functional properties of cowpea seeds (*Vigna unguiculata* (L) Walp. Food Chem. 46: 337-341.
- Onimawo, I. A and A. E Akpojovwo. 2006. Toasting (dry heat) and nutrient composition, functional properties and antinutritional factors of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. Journal of Food Processing and Preservation 30: 742-753.
- Onyeka, E. U. 2007. Glycemic and physiochemical properties of five common cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars in Nigeria. Journal of Food Processing and Preservation 31 (5): 618-631.
- Oshodi, A.; O. Olaofe and G. Hall. 1993. Aminoacids, fatty acids and mineral composition of pigeon pea (*Cajanus cajan*). Int. J. Food Sci. Nutr. 43 (4): 187-191.
- Oshodi, A. and M. Ekperigin. 1989. Functional properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. Food Chem. 34 (3): 187-191.
- Ravindran, V. and R. Blair. 1992. Feed Resources for poultry production in Asia and the Pacific. II Plant protein sources. Wld. Poult. Sci. 48: 205-231.
- Rodríguez, M. S. and E. M. T. Mendoza. 1991. Nutritional assessment of seed protein in rice bean (*Vigna unbellata* (Thumb) OUI and OACI. Plant Foods. Human Nutr. 41: 1-9.
- Salunke, D.; J. K. Chavan and S. S. Kadan. 1986. Pigeonpea as an important food source. CRC Crit. Rev. Food. Sci. Nutr 23 (2): 103-145.
- Sathe, S. K. and D. K Salunke. 1981. Preparation and utilization of protein concentrates and isolates for nutritional and functional improvement of foods. J. Food Qual. 4: 145 -233.
- Singh, U.; R. Jambunathan, K. B. Saxena and N. Subrahmanyam. 1990. Nutritional quality evaluation of newly developed high-protein genotypes of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). J. Sci. Food Agric. 50: 201-209.
- Singh, U.; P. Venkateswara, N. Subrahmanyam and K. Saxena. 1993. Cooking characteristic, chemical composition and protein quality of newly developed genotypes of pigeon pea (*Cajanus cajan* L). J. Sci. Food Agric. 61: 395-400.
- Sosulski, F. W.; E. N. Kasriyye Alemu and A. K. Sumner. 1987. Microscopic, nutritional and functional properties of cowpea flours and protein concentrates during storage. J. Food Sci. 52 (3): 700-706.
- Statistical Analysis System (SAS). 1985. SAS User's Guide: Statitics. Statitical Analysis System, Cary, NC, USA. 956 p.
- Thangadurai, D. 2005. Chemical composition and nutritional potential of *Vigna unguiculata* ssp. *cylindrica* (Fabaceae). Journal of Food Biochemistry 29 (1): 88-98.
- Tjahjadi, C.; S. Lin and W. M. Breene. 1988. Isolation and characterization of adzuki bean (*Vigna angularis* cv. Takara) protein. J. Food Sci. 53: 1438 -1443.
- 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.
- Wang, N.; M. L. Lewis, J. Brennan and A. Wesby. 1997. Effect of processing methods on nutrients and anti-nutrients factors in cowpea. Food Chem. 52: 59 -68.
- World Health Organization (WHO)/Food and Agricultural Organization (FAO)/United Nations University (UNU). 2007. Protein and aminoacid requirement in human nutrition. Report of Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series 935. Geneva, Switzerland. 276 p.