

Artículo Estado de Arte

## EL GUANDUL (*Cajanus cajan*) UNA ALTERNATIVA EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS

## PIGEON PEA (*Cajanus cajan*) AN ALTERNATIVE IN THE FOOD INDUSTRY

## GUANDU (*Cajanus cajan*) UMA ALTERNATIVA NA INDÚSTRIA DOS ALIMENTOS

Carmen Lucia Navarro V.<sup>1</sup>, Diego Restrepo M.<sup>2</sup>, Jaime Perez M.<sup>3</sup>

### RESUMEN

*Debido a la situación actual de nutrición inadecuada en la población de muchos países, entre ellos Colombia, es necesario ofrecer alternativas de fuentes ricas en proteínas y de bajo costo. El guandul (*Cajanus cajan*) es una importante leguminosa que contiene una moderada cantidad de proteínas, calorías, ciertos minerales y vitaminas, su uso en alimentos es limitada por la presencia de factores antinutricionales, que pueden ser disminuidos o eliminados mediante la implementación de tratamientos. Las proteínas del guandul presentan buena calidad y propiedades funcionales adecuadas para la industria de alimentos que pueden ser aprovechadas en productos cárnicos, lácteos y panadería. El propósito de esta revisión es presentar una visión general de las habilidades nutricionales, propiedades funcionales y oportunidades de aplicación del guandul en diversas aplicaciones en la industria de alimentos.*

### ABSTRACT

*Due to the current situation of inadequate nutrition in the population of many countries, including Colombia. Search sources rich in proteins and low-cost alternatives. The pigeon pea (*Cajanus cajan*) is an important legume that contain a mo-*

---

**Recibido para evaluación:** 5 de julio de 2012. **Aprobado para publicación:** 3 febrero de 2014

- 1 Ingeniera de Alimentos, Magister en ciencia y tecnología de alimentos.
- 2 Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- 3 Profesor asistente, Universidad de Cartagena. Facultad de Ingenierías.

**Correspondencia:** c\_lucianavarro@yahoo.com

*derate amount of protein, calories, vitamins and minerals, its use in foods is limited by the presence of anti-nutritional factors, which can be reduced or eliminated through the use of treatments. The proteins have functional properties that can be take advantage in meat, dairy and bakery products. The purpose of this review is to present an overview of the skills nutritional and functional properties of pigeon pea application opportunities in various applications in the food industry.*

## RESUMO

*Devido à situação atual da nutrição inadequado na população de muitos países, entre eles Colômbia, é preciso procurar alternativas de fontes ricas em proteínas e baixo custo. O Guandul (cajan do *Cajanus*) é uma leguminosa importante que contem uma quantidade moderada de proteínas, calories, minerais e vitaminas, seu uso na alimentação é limitado pela presença dos fatores antinutricionais, alem estes fatores podem ser diminuídos ou eliminados por meio de tratamentos adequados. As proteínas têm propriedades funcionais que podem ser utilizadas em produtos cárneos, láteos e de padaria. O objetivo desta revisão é apresentar uma visão geral das propriedades nutricionais e funcionais habilidades de pombo oportunidades de aplicação de ervilha em várias aplicações na indústria de alimentos.*

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en Colombia, se presentan situaciones de inseguridad alimentaria, debido a la crisis alimentaria que se manifiesta en las diferentes regiones del país, la mayor inferencia se encontraron en los departamentos de la región Atlántica y región Pacífica [1]. Se hace necesario buscar alternativas altamente nutricionales que aporten a la población una mejor alimentación a un bajo costo. Dentro de las fuentes alimenticias se encuentran las leguminosas, las cuales contienen altos cantidades de proteínas (18-32%), además de proporcionar una fuente de aminoácidos esenciales, péptidos bioactivos y propiedades funcionales, mejorando la estabilidad, textura y la calidad nutricional que podría ampliar su uso potencial en el desarrollo de una amplia variedad de productos alimenticios [2, 3, 4].

El guandul (*Cajanus cajan*), conocido según la FAO [5] como Guandú, frijol de palo, guisante de paloma, gandul (Pigeon pea, red gram, dahl) o quinchoncho, es una leguminosa multipropósito de alto valor nutritivo, cultivada en países de Asia, África, Islas del caribe y sur América [6]. Se siembra de manera intensiva y en forma asociada con otros cultivos en pequeñas superficies, comercializándose los granos secos durante todo el año [7]. Son una rica fuente de proteínas, almidones, fibra y fitonutrientes bien adaptados para satisfacer las demandas de consumidores preocupados por su salud [8, 9], pueden usarse las semillas enteras, descortezadas o en harina, también como forraje y abono verde [10], su potencial se debe a que es un cultivo económico y de alto valor proteico [11]. Este artículo tiene por objetivo revisar y discutir los recientes trabajos sobre composición quími-

## PALABRAS CLAVE:

Guandul, *Cajanus cajan*, Propiedades funcionales, Nutrición, Proteínas.

## KEYWORDS:

Pigeon Pea, *Cajanus cajan*, Functional properties, Nutrition, Proteins.

## PALAVRAS-CHAVE:

Guandu, *Cajanus cajan*, Propiedades funcionais, Nutricion, Proteinas

ca, factores antinutricionales, usos y propiedades funcionales que pueden ser aprovechadas en la industria de los alimentos.

## DESARROLLO DEL TEMA

### Calidad química y nutricional

El guandul es una leguminosa que ocupa un importante lugar en la dieta de muchas personas en Asia, África y Sur América, tiene baja concentración de grasa, moderada cantidad de fibra, buena cantidad de proteína, almidones y un razonable balance de los minerales esenciales de toda dieta [12, 13], es también una fuente rica en carbohidratos, minerales y vitaminas [14]. La calidad nutricional de los granos descascariados de las variedades rojas y blanca contienen grasas, fibras, ácidos grasos esenciales y componentes de vitamina E (tocoferoles y trazas de tocotrienoles) [15]. Estudios en Colombia acerca de la composición nutricional y química del guandul son mostrados en el cuadro 1 y su comparación con el grano de soya [16].

Varios autores han determinado la composición nutricional y química de semillas de guandul cruda, los resultados son presentados en el cuadro 2, las variaciones en la composición proximal se deben a la variedad de la semilla, etapa de madurez, tipo de suelo y condiciones climáticas que pueden haber afectado los parámetros físico – químicos en el cultivo [17].

**Cuadro 1.** Composición nutricional del guandul y la soya.

Contenido en 100 g de parte comestible		
Descripción	Soya	Guandul
Calorías, cal	422	336
Humedad, g	9,5	14
Proteína, g	31	19,5
Grasa, g	16,1	1,4
Carbohidratos, g	38,1	61,4
Cenizas, mg	5,2	3,7
Calcio, mg	210	100
Fósforo, mg	500	400
Hierro, mg	8,9	5,2
Vitamina A, UI	40	90
Tiamina, mg	0,77	0,61
Rivoflabina, mg	0,15	0,10
Niacina, mg	2,2	2
Ácido ascórbico, mg	9	4

Ref. [16]

**Cuadro 2.** Composición química y nutricional semillas crudas

Paámetro	Autores		
	Butt y Batool [17]	Akemnde <i>et al.</i> [18]	Etonihu <i>et al.</i> [19]
Humedad (%)	11,07 ± 0,5		6,49
Proteína seca (%)	22,01 ± 1,00	21,03	18,65
Grasa cruda (%)	2,03 ± 0,09	4,43	1,80
Fibra cruda (%)	8,19 ± 0,37	7,16	10,27
Cenizas (%)	3,96 ± 0,18	3,76	4,92
NFE (%)	63,80 ± 2,90		57,87

Ref. [17, 18 y 19]

Otros estudios sobre la composición química de las semillas de guandul determinaron un contenido de proteínas del 20 al 22% [20].

Los perfiles de aminoácidos de las semillas crudas y cocidas de guandul son presentadas en el cuadro 3. Indicando que algunos aminoácidos (arginina, ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutámico, glicina, alanina, leucina y tirosina) son generalmente estables al calor. Las concentraciones de otros aminoácidos (lisina, histidina, prolina, cisteína, valina, metionina, isoleucina y fenilalanina) disminuyen con tratamientos con calor. Las proteínas de guandul son una rica fuente de aminoácidos esenciales como lisina, valina, treonina y fenilalanina pero por lo general son deficientes en el contenido de aminoácidos azufrados como cisteínas y metionina [18, 19, 21, 22]

El valor biológico de las proteínas depende de la composición de aminoácidos [23], las proteínas están formadas por aminoácidos (AA) y cada proteína tiene un número distinto de AA y en distinta proporción [24]. Akinhanmi *et al.*, [25] estudiaron la fracción proteica de diferentes leguminosas y mostraron que el guandul está constituida en mayor proporción por globulinas 10,8 ± 0,5 g/100 g, albúminas 6,5 ± 0,8 g/100 g, prolamina 0,3 ± 0,0) g/100 g, glutelina ácida 0,2 ± 0,1 g/100 g y glutelina alcalina 8,3 ± 0,2 gr/100 g.

### Usos del guandul

Se consume en forma de granos cocidos, guisos, arroces y dulces, representando una fuente econó-

**Cuadro 3.** Perfiles de Aminoácidos de semillas crudas y cocidas de guandul (g/16 g N).

Aminoácidos	Semillas	
	Crudas	Cocidas
Lisina	7,79	7,55
Histidina	3,66	2,88
Arginina	5,86	6,18
Ác. Aspártico	11,56	12,20
Treonina	3,12	3,28
Serina	3,59	3,31
Ác. Glutámico	9,23	14,21
Prolina	3,17	3,16
Glicina	3,07	3,36
Alanina	3,79	4,06
Cisteína	1,19	0,69
Valina	5,85	4,87
Metionina	1,19	0,89
Isoleucina	3,47	2,73
Leucina	6,78	7,23
Tirosina	2,63	2,86
Fenilalanina	6,15	5,54
Triptófano	ND	ND

ND: NO DETERMINADOS

Ref. [18]

mica de proteínas, carbohidratos, fibra dietética, minerales y vitaminas principalmente las del grupo de las B [26, 27]. Entre los principales usos del guandul se encuentran:

**Alimentación Humana.** Como alimento humano, las semillas de guandul pueden ser usadas en diferentes formas [14]; en la India se consumen rodajas de cotiledones pelados de semillas de guandul cocidas para hacer *dal* (sopa espesa) para comer con pan y arroz (figura 1(a)); mientras en el sur y este de África y Sur

América son usadas semillas secas enteras (figura 1(b)). Las semillas pueden ser cosechadas en estado verde, usadas como vegetales frescos, congelados o enlatados, Figura 1(c) [6]. Por otra parte, la harina de guandul es usada como aditivo para otros alimentos como sopas y arroz [28] y una fuente ideal de suplementación de proteína para alimentos ricos en almidones como la yuca [29]. Es un excelente componente en la industria de snack, ha sido recomendado como un ingrediente para incrementar el valor nutricional de pastas afectando las propiedades sensoriales [13, 22]; teniendo buena aceptabilidad en la extensión de la sémola con harinas de leguminosas en la elaboración de pastas [30] y mejorando la calidad de la proteína [12]. En la industria de biscochos la sustitución de harinas de trigo por guandul incrementa los niveles de proteína y fibra, afectando la calidad sensorial [31].

**Alimentación Animal.** Las semillas se aprovechan como pienso para el ganado. El guandul puede ser usado como proteína suplementaria en la dieta diaria de vacas afectando la producción de leche, materia seca y ambiente ruminal [32]. La dieta a base de semillas de guandul cocidas para conejos machos favoreció el crecimiento óptimo de los cuerpos, peso de los órganos características testiculares a un nivel de inclusión del 20% [33].

**Potencial como Planta Forrajera.** El potencial como forraje verde es moderado. Como leguminosa forrajera, guandul se cultiva sobre todo como suplemento proteico para la alimentación durante los períodos de pastoreo de baja calidad [34]. Silva *et al.*, [35], mostraron que en dietas experimentales con base de harina de forraje de la sandía y digestibilidad del heno de guandul fueron satisfactorias y proporcionaron una ingesta adecuada de materia seca para satisfacer las necesidades nutricionales de los ovinos en crecimiento.

**Figura 1.** Usos como alimento. (a) Rodajas de cotiledones pelados (*dal*); (b) Semillas enteras secas de guandul; (c) Semillas verdes de guandul. [6]

a



b



c

**Usos Medicinales.** Saxena *et al.*, [6] reportaron la importancia de la planta de guandul en la medicina étnica la cual es bien conocida en la prevención de enfermedades humanas como la disentería, enfermedades renales, inflamación y trastornos sanguíneos.

### Factores antinutricionales

Las semillas de leguminosas contienen proteínas antinutricionales y compuestos no proteicos. La presencia de estos compuestos en las plantas es siempre el resultado de la adaptación el cual permite a la planta sobrevivir y completar el ciclo de vida en condiciones naturales, a pesar de las consecuencias negativas sobre la calidad y seguridad de los productos alimenticios [36].

Las semillas de guandul contienen en general factores antinutricionales como son los inhibidores de tripsina (tripsina y quimo tripsina) inhibidor de amilasa, poli fenoles (comúnmente conocidos como taninos), lectinas, ácido fítico y  $\alpha$ -galactosidos (sacarosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa) los cuales son un problema conocido en la mayoría de las leguminosas, en el guandul la actividad inhibitoria de la tripsina es más baja que en la soya, arveja (*Pisum sativum*) y en frijol común [13, 22, 23, 37, 38, 39, 40, 41], algunos de estos factores antinutricionales son sensibles al calor como son las fitolectinas y son destruidos durante la cocción [6]. Empleando técnicas apropiadas y efectivas pueden ayudar a reducir o eliminar los efectos adversos de estos constituyentes antinutrientes en las fuentes de proteína [42].

### Efecto del procesamiento sobre la calidad nutricional del guandul

Las leguminosas contienen una moderada cantidad de proteínas, calorías, ciertos minerales y vitaminas, su uso en alimentos es limitado por la presencia de factores antinutricionales, por esto se han utilizado algunos tratamientos tecnológicos adecuados y económicos como descascarado, lavado, cocción, fermentación y germinación que buscan reducir o remover los factores antinutricionales para su uso en la alimentación humana y promover la calidad nutricional del guandul [3, 7, 13, 22, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51].

Los tratamientos térmicos impactan sobre la funcionalidad de los productos (solubilidad, propiedades emulsificantes, gelificantes, capacidad de retención de agua y aceite), promueve la calidad nutricional de las

leguminosas [52] y reducen drásticamente los factores anti nutricionales [53]. El tratamiento térmico de los subproductos sirve para mejorar el sabor, aumentar el valor nutritivo e inactivar los sistemas enzimáticos naturales [54].

Tiwari *et al.*, [47,48] utilizando tratamientos hidrotérmicos en guandul encontraron alta capacidad de retención de agua y grasas con una reducción de la capacidad y estabilidad espumante, resultados similares obtuvieron otros investigadores [55] quienes determinaron que el procesamiento hidrotérmico y la fermentación natural afectan las propiedades funcionales en las harinas de frijol, obteniendo un incremento en la capacidad de absorción de agua y aceite, pero con una disminución de la capacidad y estabilidad espumante. Este hallazgo permitió a los autores señalar que estas harinas pueden ser empleadas en formulaciones de alimentos viscosos, tales como sopas, salsa, masas y productos horneados, donde se requiera una buena interacción proteína – agua y una menor capacidad espumante.

La fermentación promueve el valor nutricional del guandul, reduce los compuestos no nutritivos mientras que incrementa la densidad y biodisponibilidad de los nutrientes [22]. Martínez-Villaluenga *et al.*, [12], encontraron cantidades significativamente mayores de Gli, Ala y algunos aminoácidos esenciales como son Val, Leu, Lis y Thr en guandul fermentado.

La germinación causa importantes cambios en las características bioquímicas, nutricionales y sensoriales de las semillas de leguminosas [56], en el guandul es un proceso efectivo para cambios en los parámetros químicos y nutricionales en esta leguminosa, particularmente el incremento en vitaminas B2, E y C y la reducción de antinutrientes, como son los  $\alpha$ -galactosidos, fosfato inositol e inhibidor de la actividad de la tripsina [13, 49], además causa una disminución en el contenido de Alanina mientras que aumenta significativamente los valores de aminoácidos esenciales como Leu, Thr y Trp[12]. Sangronis *et al.*, [7], observaron cambios en las propiedades funcionales de harinas de grano germinado y sugieren su utilización en productos tales como salchichas, postres y productos horneados. Estos resultados difieren a los obtenidos por Oloyo [51] quien obtuvo un incremento en el contenido de taninos, fenoles y actividad inhibitoria de tripsina de las semillas durante la germinación progresiva. Ghavidel y Prakash, [57] demostraron que la combinación del proceso de descascarado y ger-

minación en las leguminosas mejoraron la calidad por el aumento de la biodisponibilidad y digestibilidad de nutrientes y reducción de antinutrientes.

### Productos a base de guandul y sus propiedades funcionales

Los productos desarrollados con proteínas de guandul incluyen: harina (<65%), concentrados (>65%) y aislados (>90%), los cuales han sido estudiados para evaluar las propiedades funcionales de sus proteínas, por la importancia que representan para la industria de los alimentos y cómo influyen en las características del producto final.

**Harina de guandul.** Las harinas son el resultado de la molienda de semillas de leguminosa y dependiendo del tamaño de las partículas pueden ser sémolas o harinas [58]. Estudios de las propiedades funcionales de las proteínas de la harina de guandul han sido realizados por muchos autores. Castilho *et al.*, [59], obtuvieron valores satisfactorios para su aprovechamiento en la industria de los alimentos en algunas propiedades funcionales, como capacidad de retención de agua (CRA) 2,0–2,1 mg/g, capacidad de absorción de aceite (CAA) 1,0–1,1 g/g y capacidad emulsificante (CE) 155,21 g aceite/g proteína. Onweluzo y Nwabugwu, [44], hallaron un CRA de 1,42–2,19 g/g para harinas sin fermentar y fermentadas.

En harinas de guandul obtenidas por secado de doble tambor rotatorio Praderas *et al.*, [60], obtuvieron como resultado un producto de alta solubilidad (83,5±0,25%) y capacidad de absorción de agua (4,7±0,03 g/g), además de poseer contenidos de almidón, proteína y fibra dietaria adecuados para formular alimentos instantáneos de fácil y rápida preparación. Kaur, *et al.*, [61], señalan que la harina presentó una alta CRA de (1,37-1,39 g/g), debido al contenido alto en polisacáridos, la CAA fue 0,96-0,98 g/g, propiedad gelificante del 14% y la capacidad espumante de 34,5-37,3%.

En harina de guandul cruda y procesada con diferentes tratamientos el guandul presentó resultados similares a los de las harinas de soya, permitiendo usar en la industria de alimentos donde tradicionalmente la harina de soya ha sido usada como extensor cárnico y salsas, donde la formación y estabilización de emulsiones son importantes [62]. Mizubiti *et al.*, [63], obtuvieron una solubilidad de proteína del 70% a un pH de 7,5, CRA fue 1,20 g/g; CAA 0,99 g/g; indicando una baja capa-

cidad de formación de espuma (CF) 36; la capacidad de formación de geles (CG) fue del 20% (p/v) y la estabilidad de la emulsión (EE) fue de 87,50%. Así mismo la alta solubilidad de la proteína de frijol guandul a pH alcalino sugiere su posible aplicación en fórmulas de quesos, salsas, sopas, productos de carne molida, masas, productos de panadería y confitería. Agunbiade y Longe, [64], reportan algunas de las propiedades físico-funcionales encontradas al guandul: alta densidad, baja actividad de agua (aw) 0,65+/-0,01, capacidad de retención de agua de 103,79 (% dwb) y capacidad de absorción de aceite (% dwb) de 79,937.

**Concentrados proteicos de guandul.** Son preparados de harina u hojuelas desgrasadas a los cuales le son removidos los azúcares solubles y otros constituyentes menores, contienen un 70% mínimo de proteína en base seca [65]. Mizubiti *et al.*, [63], indicaron la posibilidad de utilizar los concentrados proteicos de guandul en formulaciones de productos cárnicos como salchichas, análogos de carne, sopas y quesos, por presentar una alta solubilidad de proteína (70%), CRA (0,87 g), CAA (1,61 g), CE 191,66 g aceite /g proteína y estabilidad de la emulsión de (96,97%), PG (12%) p/v y una baja capacidad espumante (44,7 mL).

**Aislados proteico de guandul.** Es la proteína más refinada que existe y se caracteriza por un contenido de proteína mínima del 90% en base seca. Así como el concentrado, el aislado se prepara a partir de harinas u hojuelas desgrasadas. Los azúcares solubles y los polisacáridos insolubles de harinas desgrasadas, se extraen durante el procesamiento para conversión en aislado [65]. La solubilidad de proteína a un pH de 7 fue 68±3,09% [17], estos resultados son inferiores a los reportados por Mwasaru *et al.*, [66] quienes obtuvieron un valor de 53,4%. La CRA y CAA, de aislados proteicos de guandul presentaron una baja absorción de agua (97±4,41%) y una alta absorción de aceite (168±11,72%) [17], estos valores son inferiores en la CRA por los presentados por Abdel *et al.*, [20] y superior para la CAA que fueron 250,3% y 130% respectivamente, posibilitando el usos de los aislados proteicos de guandul en productos de panadería y cárnicos.

La actividad emulsificante del aislado proteico de guandul observada por Abdel *et al.*, [20], fue de 120% a un pH 4,5 y una actividad estable, que no es afectada por los tratamientos de calor, este valor es superior a los presentados por Butt y Batool, [17], los cuales fueron 49,50±3,00% y una estabilidad de la emulsión de 83,30±5,04%, estos valores están en concordancia

cia con los reportados por Mwasaru *et al.*, [66], quien calculó una actividad emulsificante y una estabilidad para el guandul de 39,5 y 44,98% respectivamente.

Capacidad espumante y estabilidad: Las propiedades espumantes son usadas como indicadores de las características de los aislados proteicos [40]. El máximo incremento de espuma (170%) fue observado a un pH de 3,0, indicando la posibilidad de su uso en sistemas alimentarios para promover la textura y mostrar características como los helados de crema, productos de repostería y tortas [20], estos valores son superiores a los presentados por Butt y Batool [17], para la capacidad espumante fue  $68 \pm 3,09\%$  y una estabilidad de  $71 \pm 3,23\%$ , resultados similares presentaron Mwasaru *et al.*, [40] 34,00% y 77,80% respectivamente. Los aislados de guandul presentaron bajos valores en las propiedades gelificantes 14% [19, 40] y 16% [20] indicando la posibilidad de ser usados en quesos y otros productos lácteos.

## CONCLUSIONES

Las leguminosas son una fuente rica en proteínas de origen vegetal utilizadas como alternativa en la alimentación humana. El guandul es una leguminosa que se produce en climas áridos o semiáridos, fácilmente adaptable, posee proteínas, almidones, fibra y otros componentes útiles en la alimentación y posible aplicación en la industria de alimentos. Ha sido recomendado para un balance en la dieta especialmente con cereales y vegetales ricos en almidones para mejorar la calidad nutricional.

Las proteínas del guandul presentan la calidad y las propiedades funcionales adecuadas para la aplicación en la industria de alimentos. La alta solubilidad, propiedades emulsificantes, capacidad de retención de agua y aceite, son ideales para sistemas alimenticios como: productos cárnicos, aderezos para ensaladas, productos lácteos, productos de panadería y alimentos infantiles.

## REFERENCIAS

- [1] INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia: ENSIN 2010 [online] 2010. Disponible en: <http://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/pdf/ResumenEjecutivoAbril-13de2011.pdf>. [citado 24 mayo 2010].
- [2] BOYE, J., ZARE, F. and PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research international*, 43, 2010(a), p. 414-431.
- [3] ASGAR, M.A., FAZILAH, A., RAJEEV, N.H. and KARIM, A.A. Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 2010, p. 513-529.
- [4] MAKRI, E., PAPALAMPROU, E. y DOXASTAKIS, G. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 19, 2005, p. 583-594.
- [5] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). *Cajanus cajan* [online]. 2007. Disponible en: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=576>. [citado 2 nov 2010].
- [6] SAXENA, K.B., KUMAR, R.V. and SULTANA, R. Quality nutrition through pigeon pea: a review. *Health*, 2(11), 2010, p. 1335-1344.
- [7] SANGRONIS, E., MACHADO, R. y CAVA, R. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas. *Interencinas*, 29(2), 2004, p. 80-85.
- [8] YADAHALLY, N.S., VADAKKOT, B.S. and VISHWAS, M.P. Expansion properties and ultrastructure of legumes: Effect of chemical and enzyme pre-treatments. *LWT Food science and technology*, 49, 2009, p. 44-49.
- [9] PETERS, M., FRANCO, L.H., SCHMIDT, A. y HINCAPIÉ, B. Especies forrajeras multipropósito; opciones para productores de Centroamérica. Cali (Colombia) (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2003, p. 62-63.
- [10] ENECHE, E.H. Biscuit-making potential of millet/pigeon pea flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1999; 54: 21-27. Citado por: KAUR, M., SINGH, K., SINGH, N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flour from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food chemistry*, 104, 2007, p. 259-267.
- [11] MARTINEZ, C., TORRES, A., FRIAS, J. And VIDAL, C. Semolina supplementation with processed lupin and pigeon pea flour improve protein quality of pasta. *LWT – Food Science and technology*, 43, 2010, p. 617-622.
- [12] TORRES, A. FRIAS, J., GRANITO, M. and VIDAL, C. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients

- in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food chemistry*, 101, 2007, p. 202-211.
- [13] ODENY, D. The potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in África. *Natural resources forum*, 31, 2007, p. 297-305.
- [14] JAYADEEP, P., SASHIKALA, V. and PRATAPE, V. Nutrients and certain lipid soluble bioactive components in dehusked whole grains (gota) and dehusked splits (dhal) from pigeon pea (*Cajanus cajan*) and their cooking characteristics. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(4), 2009, p. 273-284.
- [15] INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. *Tabla de Composición de los alimentos Colombianos*. Bogotá (Colombia): 2005.
- [16] BUTT, M. and BATOOL, R. Nutritional and functional properties of some promising legumes protein isolates. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(4), 2010, p. 373-379.
- [17] AKENDE, K.E., ABUBAKAR, M.M., ADEGBOLA, T.A., BOGORO, S.E. and DOMA, U.D. Chemical evaluation of the nutritive quality of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] *International journal of poultry science*, 9(1), 2010, p. 63-65.
- [18] ETONIHU, A.C., AYODELE, J.T. and IBRAHIM, M. Proximate and Amino Acid Compositions of Wheat Species of Pigeon Pea Grown in Kogi State, Nigeria. *Nigerian Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 24(2), 2009, p. 32-36.
- [19] AREMU, M.O., OLAOFE, O. and AKINTAYO, E.T. A comparative study on the chemical and amino acid composition of some Nigerian underutilized legume flours. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5, 2006, p. 34-38.
- [20] TORRES, A., FRIAS, J., GRANITO, M. and VIDAL, C. Fermented pigeon pea (*Cajanus cajan*) ingredients in pasta products. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 54(18), 2006, p. 6685-6691.
- [21] SINGH, U. y EGGUM, B.O. Factors affecting the protein quality of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). *Quality Plant Foods for Human Nutrition*, 34, 1984, p. 273-283.
- [22] MOYANO, S., MORENO, T. y CUBERO, J.L. *Las leguminosas grano en la agricultura moderna*. Madrid (España): Mundi-prensa, 2008, 318 p.
- [23] AKINHANMI, T.F., AROGUNDADE, T.A., TIAMIYU, M.O., OLORUNTOBA, E. and OSINAME, B.J. Protein fractions of legumes and cereals consumed in Nigeria. *ASSET serie B*, 7(1), 2008, p. 54-62.
- [24] DRAGO, S., GONZALES, R., CHEL-GUERRERO, L. and VALENCIA, M. Evaluation of mineral availability in cowpea flour and in maize/cowpea extruded mixtures. *Información Tecnológica*, 18, 2007, p. 41-46.
- [25] CENTER FOR NEW CROPS AND PLANTS PRODUCTS. *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Purdue University [online]. 2002 Disponible en: URL [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Cajanus\\_cajun.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Cajanus_cajun.html). [citado 5 Abril 2011].
- [26] AKOJA, S.S. y MOHAMMED, A.O. Evaluation of the proximate, pasting and sensory characteristics of cassava flour (Fufu) fortified with pigeon pea flour. *Pakistan journal of nutrition*, 10(2), 2011, p. 124-128.
- [27] GRANITO, M. y ASCANIO, V. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. *Archivos Latino Americanos de Nutrición*, 59(1), 2009, p. 71-77.
- [28] TIWARI, B.K., BRENNAN, C.S., JAGANMOHAN, R. and ALAGUSUNDARAM, K. Utilization of pigeon pea (*Cajanus cajan* L) byproducts in biscuit manufacture. *LWT – Food Science and Technology*, 44, 2011, p. 1533-1537.
- [29] AKOJA, S.S. and MOHAMMED, A.O. Evaluation of the proximate, pasting and sensory characteristics of cassava flour (Fufu) fortified with pigeon pea flour. *Pakistan journal of nutrition*, 10(2), 2011, p. 124-128.
- [30] GRANITO, M. y ASCANIO, V. Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas. *Archivos Latino Americanos de Nutrición*, 59(1), 2009, p. 71-77.
- [31] TIWARI, B.K., BRENNAN, C.S., JAGANMOHAN, R. and ALAGUSUNDARAM, K. Utilization of pigeon pea (*Cajanus cajan* L) byproducts in biscuit manufacture. *LWT – Food Science and Technology*, 44, 2011, p. 1533-1537.
- [32] CORRIHER, V.A., HILL, G.M., BERNARD, J.K., JENKINS, T.C., WEST, J.W. and MULLINIX, B.G. Pigeon peas as a supplement for lactating dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 93(11), 2010, p. 5309-5317.
- [33] IHEUKWUMERE, F.C., ONYEKWERW, M.U. and EGU, U.E. Growth, Carcass and Reproductive Characteristics of Male Rabbits (Bucks) Fed Raw and Boiled Pigeon Pea Seed (*Cajanus cajan*) Meal. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(1), 2008, p. 17-20.
- [34] WHITEMAN, P.C. and NORTON, B.W. Alternative uses for pigeon pea. *ICRISAT (International*

- Crops research Institute For the Semi-Arid Tropics). Proceedings of the International Workshop on Pigeon Pea, 1981, p. 365-377.
- [35] SILVA, R.L., ARAUJO, G., SOCORRO, E., OLIVEIRA, R., GARCES, A. e BAGALDO, A. Níveis de farelo de melancia forrageira em dietas para ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(6), 2009, p. 1142-1148.
- [36] DURANTI, M. and GIUS, C. Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Research*, 53, 1997, p. 31-45.
- [37] JAMBUNATHAN, R. and SINGH, U. Grain Quality of pigeon pea. ICRISAT (International Crops research Institute For the Semi-Arid Tropics). Proceedings of the International Workshop on Pigeon Pea, 1981, p. 351-356.
- [38] SINGH, F. and DIWAKER, B. Nutritive value and uses of pigeon pea and groundnut. ICRISAT (International Crops research Institute For the Semi-Arid Tropics). Human resource development program, 1993, p. 1-22.
- [39] OBOH, H.A., MUZQUIZ, M., BURBANO, C., CUADRADO, C., PEDROSA, M.M., AYET, G. and OSA-GIE, A.U. Anti-nutritional constituents of six underutilized legumes grown in Nigeria. *Journal of Chromatography*. 823(1-2), 1998, p. 307-312.
- [40] MWASARU, M.A., MUHAMMAD, K., BAKAR, J. and CHE MAN, Y. Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. I. Physicochemical properties. *Food chemistry*, 67, 1999, p. 435-443.
- [41] SINGH, R.J., CHUNG, G.H. and NELSON, R.C. Landmark research in legumes. *Genome*, 50, 2007, p. 525-537.
- [42] AKENDE, K.E., DOMA, U.D., AGU, H.O. and ADAMU, H.M.. Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(8), 2010, p. 827-832.
- [43] CHAPARRO, D.C., PISMAG, R.Y., ELIZALDE, A., VIVAS, N.J. y EERAZO, C.A. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y agroindustrial*, 8(1), 2010, p. 35-42.
- [44] ONWELUZO, J.C. and NWABUGWU, C.C. Fermentation of Millet (*Pennisetum americanum*) and Pigeon pea (*Cajanus cajan*) seed for production: Effects on composition and selected functional properties. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(6), 2009, p.737-744.
- [45] GRANITO, M., GUINAND, J., PEREZ, D. y PEREZ, S. Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*, 2009; 34, p. 64-70.
- [46] GARCIA, O., INFANTE, R. y RIVERA, C. Las leguminosas, una fuente importante de fibra alimentaria: Una visión en Venezuela. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 40, 2009, p. 57-63.
- [47] TIWARI, B.K., TIWARI, U., JAGAN, R. and ALAGUSUNDARAM, K. Effect of Various Pre-treatments on Functional, Physicochemical, and Cooking Properties of Pigeon pea (*Cajanus cajan* L). *Food Science and Technology International*, 14(6), 2008a, p. 487-495.
- [48] TIWARI, B.K., RANGARAJAN, J.M. and VASAN, B. Effect of several Pre-treatments on the physical characteristics of dehulled fraction of pigeon pea (*Cajanus cajan* L). *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2008b, p. 1458-1463.
- [49] SANGRONIS, E. and MACHADO, C.J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*. *LWT Food science and technology*, 40, 2007, p. 116-120.
- [50] DAVILA, M., SANGRONIS, E. y GRANITO, M. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. *Archivos Latino Americanos de Nutrición*, 53(4), 2003, p. 348-354.
- [51] OLOYO, R.A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. *Food Chemistry*, 85, 2004, p. 497-502.
- [52] MA, Z., BOYE, J., SIMPSON, B., PRASHER, S., MONPETIT, D. and MALCOMSON, L. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 44(8), 2011, p. 2534-2544.
- [53] KHATTAB, R.Y. and ARNTFIELD, S.D. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *Food Science and Technology*, 42, 2009, p. 1113-1118.
- [54] RACKIS, J.J. Biological active components. In: Smith AK, Circle SJ. eds. *Soybeans: chemistry and technology*. Vol 1. AVI Publishing Co., Westport. 1972; 158-202. Citado por: DE LUNA, J. Alfonso. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. *Investigación y ciencia*, 15(37), 2007, p. 35-44.

- [55] GRANITO, M., GUERRA, M., TORRES, A. y GUINAND, J. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. *Inter ciencia*, 29, 2004, p. 521-526.
- [56] KUO, Y., ROZAN, P., LAMBEIN, F., FRIAS, J. and VIDAL, C. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food chemistry*, 86, 2004, p. 537-545.
- [57] GHAVIDEL, R.A. and PRAKASH, J. The impact of germination and dehulling on nutrients, anti-nutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT Food science and technology*, 40, 2007, p. 1292-1299.
- [58] DE LUNA, A. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. *Investigación y ciencia*, 15(37), 2007, p. 35-44.
- [59] CASTILHO, F., GUADAGNUCCI, G. and BATISTUTI, J. Evaluation of some functional properties of lupin sweet flour (*Lupinus albus*) and faba bean flour (*Cajanus cajan* (L) Millsp) and their utilization in cooked ham production. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(1), 2009, p. 68-75.
- [60] PRADERES, G., GARCIA, A. y PACHECO, E. Caracterización físico – química y propiedades funcionales de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. *Revista Facultad de Agronomía*, 35(2), 2009, p. 79-84.
- [61] KAUR, M., SINGH, K. and SINGH, N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flour from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food chemistry*, 104, 2007, p. 259-267.
- [62] OKPALA, L.C. and NAMAHA, E.N. Functional properties of raw and processed pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52, 2001, p. 343-346.
- [63] MIZUBITI, I; et al. Propiedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). *Archivos Latino Americanos de Nutrición*, 50(3), 2000, p. 274-280.
- [64] AGUNBIADE, S. and LONGE, O. The physico-functional characteristics of starches from cowpea (*Vigna unguiculata*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*). *Food chemistry*, 65, 1999, p. 469-474.
- [65] CAMPBELL, M.F; et al. New Protein Foods. In, ed. By Altchul, A.A., and Wilcke, H.I. Vol. 5 Seed storage proteins. Chapter IX Soy protein concentrate, Orlando: Academic Press, 1985. Citado por: DE LUNA, J. Alfonso. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. *Investigación y ciencia*, 15(37), 2007, p. 35-44.
- [66] MWASARU, M., MUHAMMAD, K., BAKAR, J. and CHE MAN, Y. Influence of altered solvent environment on the functionality of pigeon pea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) protein isolates. *Food Chemistry*, 71, 2000, p. 157-165.